

TUGAS AKHIR - RF184838

**ANALISIS *RECHARGE AREA* DENGAN METODE  
PENGINDRAAN JAUH MENGGUNAKAN LANDSAT 8 OLI/TIRS  
(STUDI KASUS : LERENG UTARA GUNUNG BROMO-  
TENGGER)**

**ADJENG YALASTRI ATHA NAFILAH**  
NRP 03411640000038

**Dosen Pembimbing**

M. Singgih Purwanto, S.Si., M.T.  
NIP. 19800916 200912 1 002

M. Haris Miftakhul Fajar, S.T., M.Eng.  
NIP. 19890208 201803 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





TUGAS AKHIR - RF184838

**ANALISIS *RECHARGE AREA* DENGAN METODE  
PENGINDRAAN JAUH MENGGUNAKAN LANDSAT 8 OLI/TIRS  
(STUDI KASUS : LERENG UTARA GUNUNG BROMO-  
TENGGER)**

ADJENG YALASTRI ATHA NAFILAH  
NRP 03411640000038

**Dosen Pembimbing**

M. Singgih Purwanto, S.Si., M.T.  
NIP. 19800916 200912 1 002  
M. Haris Miftakhul Fajar, S.T., M.Eng.  
NIP. 19890208 201803 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020

*Halaman sengaja dikosongkan*





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**UNDERGRADUATE THESIS - RF184838**

**ANALYSIS RECHARGE AREA WITH REMOTE SENSING  
METHOD USING SATELLITE IMAGERY LANDSAT 8 OLI/TIRS  
(CASE STUDY: NORTHERN SLOPE OF BROMO-TENGGER)**

ADJENG YALASTRI ATHA NAFILAH  
NRP 03411640000038

**Advisor**

M. Singgih Purwanto, S.Si., M.T.

NIP. 19800916 200912 1 002

M. Haris Miftakhul Fajar, S.T., M.Eng.

NIP. 19890208 201803 1 001

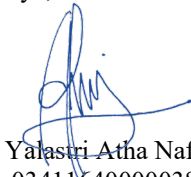
GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF CIVIL, PLANNING, AND GEO ENGINEERING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2020

***Halaman sengaja dikosongkan***

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya dengan judul “Analisis *Recharge Area* dengan Metode Penginderaan Jauh Menggunakan Landsat 8 OLI/TIRS (Studi Kasus : Lereng Utara Gunung Bromo-Tengger)” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 13 Juli 2020

  
Adjeng Yalastri Atha Nafilah  
NRP. 03411640000038

*Halaman sengaja dikosongkan*

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh

Nama : Adjeng Yalastri Atha Nafilah  
NRP : 0341 16 40000 038  
Departemen : Teknik Geofisika  
Judul Tugas Akhir : Analisis *Recharge Area* dengan Metode Penginderaan Jauh Menggunakan Landsat 8 OLI/TIRS (Studi Kasus : Lereng Utara Gunung Bromo-Tengger)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 27 Juli 2020

1. ....

**M. Singgih Purwanto, S.Si., M.T.**

(Pembimbing I)

NIP. 19800916 200912 1 002

2. ....

**M. Haris Miftakhul Fajar, S.T., M.Eng.**

(Pembimbing II)

NIP. 19811002 201212 2 003

3. ....

**Anik Hilyah, S.Si., M.T.**

(Penguji I)

NIP. 19790813 200812 2 002

4. ....

**Marivanto, S.Si., M.T.**

(Penguji II)

NIP. 1991201711044

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M. Si**

NIP. 19760123 200003 1 001

*Halaman sengaja dikosongkan*

**Analisis *Recharge Area* dengan Metode Pengindraan Jauh Menggunakan Landsat 8 OLI/TIRS (Studi Kasus : Lereng Utara Gunung Bromo-Tengger)**

**Nama** : Adjeng Yalastri Atha Nafilah  
**NRP** : 03411640000038  
**Departemen** : Teknik Geofisika  
**Pembimbing I** : Moh. Singgih Purwanto, S.Si, M.T.  
**Pembimbing II** : M. Haris Miftakhul Fajar, S.T, M.Eng.

**ABSTRAK**

Secara umum, kawasan Gunung Bromo terbagi menjadi 2 kondisi, yaitu kawasan kaldera dan kawasan lereng gunung. Salah satu *recharge area* (daerah imbuhan) dari MAU diduga dari kawasan Gunung Bromo. Maka kawasan lereng gunung diduga menjadi salah satu kawasan resapan air tanah bagi MAU. Salah satu *recharge area* (daerah imbuhan) dari MAU diduga dari kawasan Gunung Bromo. Sebagian besar pada sayap utara Bromo-Tengger dapat berpotensi menjadi kawasan resapan air tanah. Penggunaan data Citra Landsat 8 OLI/TIRS sebagai citra multispektral dapat menyelesaikan pemetaan dugaan *recharge area*. Pemanfaatan data Landsat 8 merupakan salah satu metode pengindraan jauh. Data ini dapat memetakan sebaran kelurusan dan tutupan lahan. Kelurusan merupakan penanda adanya struktur geologi yang berpotensi sebagai untuk jalan bagi fluida mengalir menuju kedalaman yang lebih dangkal. Permukaan tanah yang ditutupi oleh vegetasi juga berpotensi sebagai zona resapan karena akan menyebabkan akar tanaman menahan air. Sehingga kerapatan kelurusan dan penggunaan lahan tutupan lahan (LULC) merupakan parameter yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengkarakteristik *recharge area* pada daerah penelitian. Parameter LULC, didapatkan menggunakan metode *unsupervised classification* yang nantinya akan digunakan citra Google Earth untuk meminimalkan kesalahan interpretasi. Sedangkan, untuk mengetahui sebaran kelurusan digunakan *Automatic Detection Algorithms*. Kemudian kedua parameter akan dilakukan analisa spasial dengan menumpuk atau *overlay* sehingga didapatkan peta dugaan recharge area. Berdasarkan hasil penelitian, daerah penelitian terbagi dalam 5 kelas daerah yang berpotensi sebagai *recharge area* yaitu yaitu sangat tinggi (26,5%), tinggi (27,16%), sedang (26,85%), rendah (16,20%), dan sangat rendah (3,28%). Daerah dengan potensi tinggi hingga sangat tinggi sebagian besar ditemukan di sisi utara gunung Bromo pada rentan elevasi mulai dari 700 – 2182 m.d.p.l.

Kata kunci: Landsat 8, *Recharge area*, Penggunaan lahan tutupan lahan, Kerapatan kelurusan

*Halaman sengaja dikosongkan*



**Analysis Recharge Area with Remote Sensing Method Using Satellite  
Imagery Landsat 8 OLI/TIRS (Case Study: Northern Slope of Bromo-  
Tengger Mountain)**

**Name** : Adjeng Yalastri Atha Nafilah  
**Student ID** : 03411640000038  
**Department** : Teknik Geofisika  
**Advisor I** : Moh. Singgih Purwanto, S.Si, M.T.  
**Advisor II** : M. Haris Miftakhul Fajar, S.T, M.Eng.

***ABSTRACT***

*In general, the Bromo Mountain region is divided into 2 conditions, the caldera area and the mountain slope area. One of the refill areas (recharge areas) of Umbulan spring from Bromo Regency. So the mountain slope area is one of the recharge areas for Umbulan spring. One of the refill areas (recharge areas) of Umbulan spring from Bromo Regency. Most of the northern flank of the Bromo-Tengger may contribute to the recharge of the groundwater catchment. Utilizing OLI / TIRS Landsat 8 Image data as a multispectral image can complete the suspected recharge area mapping. Lineament is a sign of the existence of geological structures that have the potential as permeable zones for the path for fluids to flow into deeper depths. Lineament extraction is done to get lineament which is then quantified into lineament density so that its potential can be weighted. Areas that have vegetation also have potential as permeable zones so that fluid can infiltrate into the subsurface. So that the lineament density and landuse landcover (LULC) are the parameters in this study. LULC parameters are obtained using the unsupervised classification method which will be used by Google Earth imagery to minimize misinterpretation. Meanwhile, to determine the distribution of lineaments used Automatic Detection Algorithms. Then, the two parameters will be spatially analyzed by stacking or overlaying so that an estimated recharge area map is obtained. The study area was classified into 5 zones e.g. very high (26,5%), high (27,16%), moderate (26,85%), poor (16,20%), dan very poor potential (3,28%). The area of the recharge with moderate potential to very high potential mostly was found in northern and western hillside of Bromo mountain at elevation ranging from 701 - 2182 m.a.s.l*

*Keyword: Landsat 8, Recharge area, Landuse Landcover, Lineament density*

*Halaman sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya laporan tugas akhir yang berjudul “Analisis *Recharge Area* dengan Metode Penginderaan Jauh Menggunakan Landsat 8 OLI/TIRS (Studi Kasus : Lereng Utara Gunung Bromo-Tengger)” ini dapat diselesaikan. Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terlaksanakan baik dengan bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi kelancaran dalam mengerjakan Tugas Akhir , terimakasih juga kepada Ayah, Mama, mbak Anggi, mas Ardiyah dan semua keluarga yang telah memberi dukungan moril maupun materi selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Moh. Singgih Purwanto, S.Si, M.T. dan Bapak M. Haris Miftakhul Fajar, S.T., M.Eng selaku pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Ibu Anik Hilyah, S.Si., M.T. dan Bapak Mariyanto, S.Si., M.T. selaku dosen penguji tugas akhir yang senantiasa memberikan saran hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geofisika ITS yang senantiasa membimbing dan mendidik penulis selama masa perkuliahan.
5. Jajaran Civitas Akademika Departemen Teknik Geofisika ITS yang senantiasa memberikan bimbingan dan izin melakukan berbagai kegiatan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
6. Tim Riset Bromo (Thufeil A. D., Bagoes Idcha, Shofi Iqtina, Farhan Agoel, Lia Andri, Alifiah Maulidina, Raditya Yudha) yang telah membantu menjadi teman diskusi dan menyenangkan sehingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini
7. Maya Adinda, Raulia Reno, Putri Nawangsari, Yolanda Mustika, Nur Isnaini, Rizki Putri, dan Megawati Sunarno yang telah membantu dan menemani saat penulis mengerjakan tugas akhir ini di Lab. Geotekling, di luar kampus bahkan melalui daring.
8. Seluruh keluargaku Teknik Geofisika ITS angkatan 2016 (TG5) atas semangat dan dukungannya selama menjalani kuliah.
9. Trinanda Rizqita yang telah bersedia menemani, membantu dalam keadaan sulit serta menjadi semangat untuk penulis.

Penulis menyadari bahwa pengembangan keilmuan tidak berhenti pada satu hasil. Kritik dan saran maupun diskusi diperlukan agar kebermanfaatan laporan tugas akhir ini semakin dirasakan bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 30 Juli 2020

Penulis

*Halaman sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b><i>ABSTRACT</i>.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Manfaat .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Dasar Teori.....	3
2.1.1 Geologi Regional .....	3
2.1.2 Konsep Citra Digital .....	7
2.1.3 Pantulan Spektral .....	8
2.1.4 Resolusi.....	8
2.1.5 Koreksi Data Citra .....	9
2.1.6 Komposit Band .....	11
2.1.7 <i>Band Ratio</i> .....	11
2.1.8 Landsat-8 .....	12
2.1.9 <i>Recharge Area</i> .....	13
2.1.10 Klasifikasi Tidak Terbimbing .....	13
2.1.11 <i>Lineament Extraction</i> .....	14
2.2 Penelitian Terdahulu .....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
3.1. Alur Penelitian .....	17
3.2. Data dan Peralatan.....	18
3.3. Daerah Penelitian .....	18
3.4. Langkah Kerja.....	19
3.4.1. Persiapan.....	19
3.4.2. <i>Pre-Processing</i> .....	19
3.4.3. <i>Processing</i> .....	21
3.4.3.1. Peta Geologi Regional.....	21
3.4.3.2. Landsat 8 .....	21
3.4.3.3. Tutupan Lahan .....	21

3.4.3.4. Kerapatan Kelurusan.....	22
3.4.3.5. Overlay.....	22
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Pemilihan Citra Landsat 8.....	23
4.2 Analisa Data.....	23
4.2.1 Analisa Kelurusan.....	25
4.2.2 Analisa <i>Landuse Landcover</i> (LULC) .....	26
4.2.3 Analisa Topografi.....	29
4.3 Analisa Hasil.....	30
4.3.1 <i>Lineament Density</i> .....	30
4.3.2 <i>Landuse Landcover</i> (LULC).....	43
4.3.3 Analisa Spasial .....	44
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>55</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Fisiografi Jawa Timur (modifikasi dari Van Bemmelen, 1949 dalam Hartono, 2010) .....	3
<b>Gambar 2. 2</b> Kolom stratigrafi regional daerah penelitian (Nugroho, 2019) sebagian data diambil dari (Zaenuddin dkk., 1994) dan Mulyadi (1992).....	4
<b>Gambar 2. 3</b> Peta geologi regional daerah penelitian (Nugroho, 2019) sebagian data diambil dari (Zaenuddin dkk., 1994) dan Mulyadi (1992) ...	6
<b>Gambar 2. 4</b> Bentuk Gambar Digital (Indarto, 2016) .....	7
<b>Gambar 2. 5</b> Pantulan spektral (Indarto, 2016) .....	8
<b>Gambar 2. 6</b> Koreksi radiometrik pada citra (Indarto, 2016) .....	10
<b>Gambar 2. 7</b> Koreksi geometrik pada citra (Indarto, 2016) .....	10
<b>Gambar 2. 8</b> Contoh Komposit Warna (Purwanto dkk., 2016) .....	11
<b>Gambar 2. 9</b> Contoh aplikasi band ratio 3/5 untuk kelembaban tanah (Azmi dan Danoedoro, 2016).....	12
<b>Gambar 2. 10</b> Peta kerapatan kelurusan dalam bentuk vektor .....	15
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram alir penelitian .....	17
<b>Gambar 3. 2</b> Peta daerah penelitian menggunakan citra <i>Google Earth</i> .....	19
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram Alir Tahap <i>Pre-Processing</i> (a) untuk parameter tutupan lahan (b) untuk parameter kerapatan kelurusan .....	20
<b>Gambar 3. 4</b> Diagram Alir Tahap <i>Processing</i> (a) untuk parameter tutupan lahan (b) untuk parameter kerapatan kelurusan .....	21
<b>Gambar 3. 5</b> Diagram Alir Tahap Analisa <i>recharge area</i> .....	22
<b>Gambar 4. 1</b> Daerah penelitian dengan citra Google Earth.....	23
<b>Gambar 4. 2</b> (a) Citra sebelum dilakukan <i>pan sharpening</i> (b) Citra setelah dilakukan <i>pan sharpening</i> .....	24
<b>Gambar 4. 3</b> Hasil citra Landsat 8 dengan kombinasi band 5, 6, 7 .....	24
<b>Gambar 4. 4</b> Citra hasil <i>band ratio</i> 5/4, 6/4, 7/4 .....	25
<b>Gambar 4. 5</b> Sebaran indeks vegetasi daerah penelitian .....	27
<b>Gambar 4. 6</b> Penampakan dengan citra Google Earth.....	27
<b>Gambar 4. 7</b> Hasil klasifikasi menggunakan <i>unsupervised classification</i> .....	28
<b>Gambar 4. 8</b> Hasil klasifikasi menggunakan <i>unsupervised classification</i> daerah penelitian.....	28
<b>Gambar 4. 9</b> Peta kemiringan lereng daerah penelitian.....	30
<b>Gambar 4. 10</b> Hasil <i>Lineament Density</i> Line 1-12 .....	35
<b>Gambar 4. 11</b> Hasil <i>Lineament Density</i> Line 13-24 .....	36
<b>Gambar 4. 12</b> Hasil <i>Lineament Density</i> Line 25-36 .....	37
<b>Gambar 4. 13</b> Hasil <i>Lineament Density</i> Line 37-48 .....	38
<b>Gambar 4. 14</b> Hasil <i>Lineament Density</i> Line 49-60 .....	39

<b>Gambar 4. 15</b> Hasil <i>Lineament Density</i> Line 61-72.....	40
<b>Gambar 4. 16</b> Hasil <i>Lineament Density</i> Line 73-84.....	41
<b>Gambar 4. 17</b> Hasil <i>Lineament Density</i> Line 85-96.....	41
<b>Gambar 4. 18</b> Peta kerapatan kelurusan dalam bentuk vektor .....	43
<b>Gambar 4. 19</b> Peta LULC daerah penelitian dalam bentuk vektor .....	44
<b>Gambar 4. 20</b> Peta potensi <i>recharge area</i> .....	45
<b>Gambar 4. 21</b> Peta Potensi Recharge Area <i>overlay</i> dengan Peta Geologi .....	47
<b>Gambar 4. 22</b> Peta potensi <i>recharge area overlay</i> dengan DEM .....	48
<b>Gambar 4. 23</b> Peta potensi <i>recharge area overlay</i> dengan batas CAT .....	49
<b>Gambar 4. 24</b> Peta potensi <i>recharge area overlay</i> dengan wilayah TNBTS dari peta (Kenedie, 2016).....	49



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1</b> Variasi nilai input parameter untuk ekstraksi kelurusan (Rizqita, 2019).....	26
<b>Tabel 4. 2</b> Skor masing-masing kelas untuk parameter LULC modifikasi dari (Tolche, 2020) .....	29
<b>Tabel 4. 3</b> Skor masing-masing kelas untuk parameter kemiringan lereng modifikasi dari (Tolche, 2020) .....	29
<b>Tabel 4. 4</b> Variasi parameter untuk 96 percobaan.....	30
<b>Tabel 4. 5</b> Nilai input parameter yang digunakan .....	42
<b>Tabel 4. 6</b> Skor masing-masing kelas untuk parameter <i>lineament density</i> modifikasi dari (Tolche, 2020) .....	42
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil perhitungan luas potensi <i>recharge area</i> tiap kelas daerah penelitian .....	44

*Halaman sengaja dikosongkan*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Mata Air Umbulan (MAU) merupakan salah satu mata air dengan debit air yang sangat tinggi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Alam (2006) dalam Seizarwati (2013) melakukan pengukuran debit MAU pada bulan November 2012 menghasilkan debit sebesar 4.002 liter/detik. Salah satu *recharge area* (daerah imbuhan) dari MAU diduga dari kawasan Gunung Bromo. Secara umum, kawasan Gunung Bromo terbagi menjadi 2 kondisi, yaitu kawasan kaldera dan kawasan lereng gunung. Kawasan lereng gunung diduga menjadi salah satu kawasan resapan air tanah bagi MAU (Tatas, 2014).

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (2017), *recharge area* adalah daerah resapan air yang memiliki karakteristik pergerakan aliran air tanah vertikal ke bawah yang (meresap ke dalam tanah) dan mengisi ulang akuifer. Menurut Thouret (1999) dalam Toulrier dkk., (2019) aliran lava dan endapan piroklastik subordinat merupakan kerangka kerja atau susunan campuran gunung berapi Bromo-Tengger. Banyaknya kelurusan di lereng utara kompleks Pegunungan Bromo-Tengger dapat menjadi dugaan sebagai *recharge area*. Pada daerah vulkanik, kelurusan mewakili zona patahan dan rekahan yang meningkatkan porositas dan permeabilitas sekunder dan merupakan indikator baik untuk air tanah. Kelurusan merupakan salah satu faktor yang mengontrol pergerakan dan penyimpanan air tanah. Maka, kelurusan berperan penting untuk recharge area (Deepa dkk., 2016).

Metode penginderaan jauh digunakan untuk analisa struktur dan topografi. Citra Landsat 8 OLI/TIRS dapat digunakan untuk analisa kelurusan. Kelurusan dalam hal ini merupakan salah satu penanda adanya struktur geologi (Dwi Yuda Wahyu Setya Pambudi, 2014). Kelurusan dimana terjadinya infiltrasi air dapat diduga sebagai *recharge area* (Oches dkk., 2013). Kelurusan dapat dihasilkan dari data citra penginderaan jauh, peta topografi, geologi, dll yang telah digunakan untuk studi air tanah (Bruning dkk., 2011).

Aplikasi metode penginderaan jauh pada penelitian ini yaitu dengan cara menganalisis kelurusan dan tutupan lahan dengan menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS. Kelurusan-kelurusan yang diperkirakan struktur geologi tersebut memiliki perbedaan kontras rona maupun relief pada citra dengan memanfaatkan aplikasi multispektral (Dwi Yuda Wahyu Setya Pambudi, 2014). Daerah yang teridentifikasi memiliki vegetasi yang tinggi diduga terdapat keberadaan air tanah di area tersebut. Hal ini dapat dianalisa dengan pemetaan tutupan lahan. Semakin banyak tumbuh-tumbuhan pada suatu area, maka potensi keberadaan sumber air juga semakin tinggi (Aristiwijaya, 2015). Peta hasil kombinasi atau *overlay* antara kerapatan kelurusan dan tutupan lahan kemudian dapat dijadikan acuan untuk analisa *recharge area*.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengidentifikasi sebaran kelurusan dengan metode pengindraan jauh?
2. Bagaimana cara mengkarakterisasikan *recharge area* berdasarkan parameter densitas kelurusan dan tutupan lahan

## **1.3. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian berada di sekitar Lereng Utara Gunung Bromo
2. Kajian *recharge area* berdasarkan parameter kerapatan kelurusan dan tutupan lahan
3. Data yang digunakan adalah Citra Landsat 8 OLI/TIRS
4. Pengolahan data menggunakan software ArcGIS dan PCI Geomatica

## **1.4. Tujuan**

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Melakukan pemetaan potensi *recharge area* dengan metode pengindraan jauh menggunakan Landsat 8
2. Mengetahui karakteristik *recharge area* berdasarkan parameter kerapatan kelurusan dan tutupan lahan

## **1.5. Manfaat**

Manfaat yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah memberikan pemetaan dugaan zona pemaksimalan infiltrasi air tanah daerah Bromo yang selanjutnya bisa dijadikan acuan untuk penelitian berikutnya seperti petrofisika dari batuan daerah infiltrasi air, arah patahan/sesar, dan metode geofisika lainnya

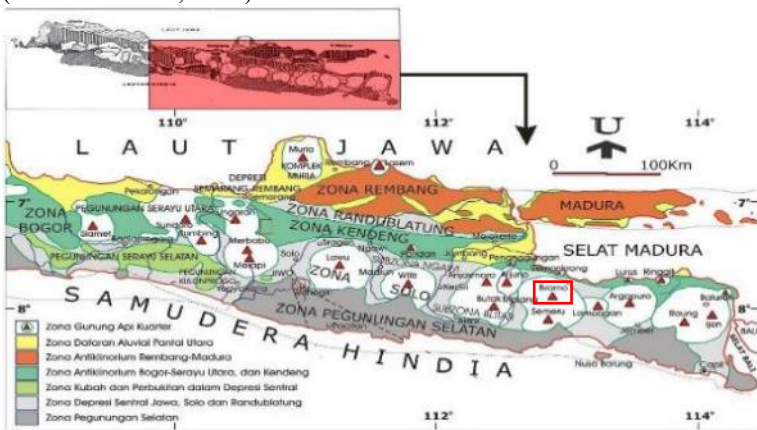
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dasar Teori

#### 2.1.1 Geologi Regional

##### 2.1.1.1. Fisiografi Regional

Ada bagian timur Pulau Jawa, fisiografi terbagi menjadi 5 zona yaitu Zona Pegunungan Selatan, Zona Solo, Zona Pegunungan Kendeng, Depresi Randublatung, Zona Rembang. Daerah penelitian terletak pada anggota Zona Solo. Anggota Zona Solo merupakan lajur depresi di antara deretan gunung api sekarang yang sebagian tersusun oleh rangkaian gunung api muda berumur Kuartar yaitu Pleistosen Atas hingga Holosen. Rangkaian gunung api Kuartar tersebut sebagai busur Sunda yang terbentuk sebagai hasil dari penujaman lempeng Indo-Australia di bawah lempeng Eurasia yang aktif sejak awal Kenozoik secara ortogonal atau berarah utara. Susunan Gunungapi ini berada di sebelah utara dari Zona Pegunungan Selatan yang merupakan hasil aktivitas vulkanisme terdahulu yang kini sudah tidak menunjukkan adanya aktivitas lagi (Van Bemmelen, 1949).

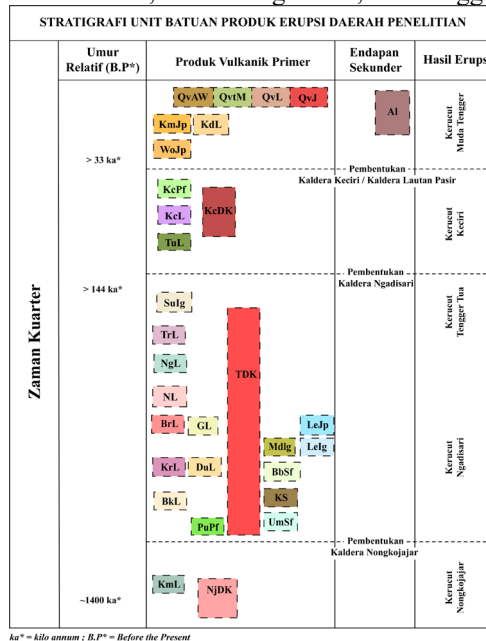


**Gambar 2. 1** Fisiografi Jawa Timur (modifikasi dari Van Bemmelen, 1949 dalam Hartono, 2010)

##### 2.1.1.2. Stratigrafi Regional

Adanya Gunung Tengger di bagian selatan kabupaten Pasuruan, membentuk morfologi dari daerah penelitian berupa endapan vulkanik. Secara geologi, Kawasan mata air Umbulan masuk ke dalam satuan batuan gunung api kuartar tengah yang merupakan hasil dari letusan gunung api tengger yang terjadi pada zaman pleistosen tengah hingga akhir. Penyebaran dan stratigrafi beberapa bagian dari batuan yang menyusun kompleks Bromo – Tengger menurut

Zaenuddin dkk., (1994), terdiri dari beberapa kelompok yaitu kelompok hasil kegiatan Kaldera Lautan Pasir, Kaldera Ngadisari, dan Tengger Tua.

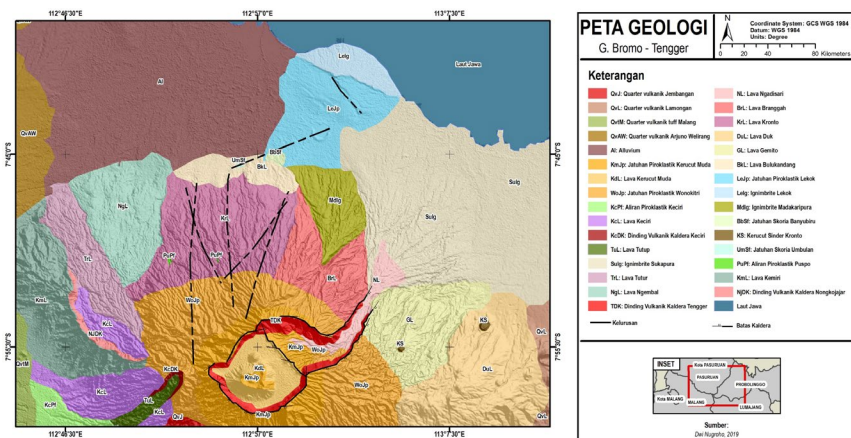


**Gambar 2. 2** Kolom stratigrafi regional daerah penelitian (Nugroho, 2019) sebagian data diambil dari (Zaenuddin dkk., 1994) dan Mulyadi (1992)

Berikut satuan litologi berdasarkan hasil kegiatan dari beberapa kelompok tersebut

- A. Hasil kegiatan Erupsi Nongkojajar:
  - Aliran Piroklastik Purwodadi (PwPf) : tersusun dari tuff, lapili dan blok.
  - Lava Kemiri (KML)
- B. Hasil kegiatan Kaldera Ngadisari
  - Satuan Lava Bulukandang (BkL) : komposisi batuan yang menyusun lava berupa basaltik - andesitik dengan tekstur afanitik, struktur masif, *sheeting joint* dan vesikuler
  - Satuan Aliran Piroklastik Puspo (PuPf) : tersusun dari fragmen andesitik yang tertanam pada massa-dasar berupa material juvenil yaitu tuff, *pumice*, *scoria* dan gelas
  - Satuan Lava Kronto (KrL) : komposisi batuan yang menyusun lava berupa basaltik - andesitik dengan tekstur afanitik, struktur masif, *sheeting joint* dan vesikuler
  - Satuan Kerucut Sinder Kronto (KS)

- Satuan Lava Duk (DL) : komposisi batuan yang menyusun lava berupa basaltik - andesitik dengan tekstur afanitik, struktur masif, *sheeting joint* dan vesikuler
  - Satuan Ignimbrite Madakaripura (MdIg) tersusun dari fragmen andesitik yang tertanam pada massa-dasar yang polimik yaitu berupa tuff, lapili, pumice, scoria dan gelas yang bercampur dengan material sedimen berukuran gravel – lumpur
  - Satuan Lava Branggah (BrL) : komposisi batuan yang menyusun lava berupa basaltik - andesitik dengan tekstur afanitik, struktur masif, *sheeting joint* dan vesikuler
  - Endapan Ignimbrit Sukapura (Suig) : terdiri dari batupung dengan litik andesit dan gelas
  - Satuan Lava Ngadisari (NL) : komposisi batuan yang menyusun lava berupa basaltik - andesitik dengan tekstur afanitik, struktur masif, *sheeting joint* dan vesikuler
- C. Hasil kegiatan Tengger Tua
- Satuan Dinding Vulkanik Kaldera Tengger (TDK) : batupung, *accretionary* lapili dan arang kayu.
  - Satuan Lava Ngembal (NgL) : perlapisan endapan jatuhnya piroklastik dari batupung
  - Satuan Lava Tuter (TrL) : selang-seling antara endapan aliran, jatuhnya piroklastik, surge dan freatik.
- D. Hasil kegiatan Kaldera Kecil
- Satuan Dinding Vulkanik Kaldera Kecil (KcDK)
  - Satuan Lava Kecil (KcL)
  - Satuan Aliran Piroklastik Kecil (KcPf) : tersusun dari material piroklastik berukuran tuff, lapili dan berstruktur masif
  - Satuan Lava Tutup (TuL): batupung, *accretionary* lapili dan arang kayu.
- E. Hasil kegiatan Lautan Pasir
- Satuan Jatuhnya Piroklastika Wonokitri (WoJp) : tuff, lapili dan bom
  - Satuan Lava Kerucut Muda (KdL)
  - Satuan Jatuhnya Piroklastik Kerucut Muda (KmJp): tuff, lapili dan bom
- F. Hasil kegiatan Grati
- Jatuhnya Skoria Grati (GSf) : tersusun dari material piroklastik yaitu skoria dan gelas vulkanik yang berukuran tuff, lapili, blok dan bom
  - Satuan Jatuhnya Skoria Banyubiru (BbSf) : tersusun dari material piroklastik yang berupa skoria, gelas dan fragmen andesitik
  - Satuan Jatuhnya Skoria Umbulan (UmSf) : tersusun dari material piroklastik berupa skoria, gelas dan sebagian fragmen andesitik



**Gambar 2. 3** Peta geologi regional daerah penelitian (Nugroho, 2019) sebagian data diambil dari (Zaenuddin dkk., 1994) dan Mulyadi (1992)

### 2.1.1.3. Sejarah Geologi

Gunung Bromo merupakan hasil dari aktivitas vulkanik setelah pembentukan Kaldera Lautan Pasir. Kompleks Bromo – Tengger merupakan komposit gunung stratovulkanik dimana beberapa pusat erupsi terletak mengikuti sepanjang bidang bekas erupsi. Urutan dari tertua pusat erupsi kompleks Bromo – Tengger adalah Kerucut Nongkojajar, Ngadisari, Tengger Tua, Keciri, dan Cemorolawang. Erupsi masing-masing kerucut vulkanik tersebut menyebabkan terbentuk kaldera dari kaldera Nongkojajar, Ngadisari, Keciri, hingga Lautan Pasir. Batuan gunung api kuartar yang berada di lokasi penelitian berasal dari Gunung Tengger Tua yang mengalami erupsi dan terendapkan pada masa pleistosen tengah hingga akhir. Material-material vulkanik ini memungkinkan adanya lapisan impermeabel yang mempengaruhi daerah resapan pada lokasi penelitian.

Terdapat beberapa tubuh gunungapi dengan pusat erupsi yang membentuk busur pada Kompleks Bromo-Tengger. Masing-masing tubuh gunungapi tersebut sebagian dihancurkan oleh fenomena kaldera dengan urutan dari yang tertua sebagai berikut: Nongkojajar, Ngadisari, Tengger Tua dan Lautan pasir (Mulyadi, 1992). Pada sekitar kaldera Lautan Pasir seperti di Ngadas-Malang, Wonokitri, Jurang Perahu dan di tempat-tempat lainnya yang umumnya pada daerah bertopografi lebih tinggi dari kaldera Ngadisari, terdapat endapan jatuhnya piroklastik. Sesuai dengan mekanisme dari endapan tersebut yang terendapkan melalui media udara dan tersebar ke segala arah dari pusat erupsi. Namun, diduga pada daerah Wonokitri tersingkap cukup tebal yang diduga berkaitan dengan adanya arah angin. Diantara endapan-endapan piroklastik sering dijumpai

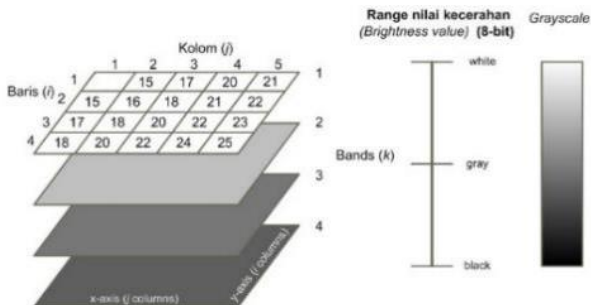


endapan-endapan sapuan hujan (*rain flush*) yang terbentuk oleh abu sampai blok. Hal ini dikarenakan daerah sekitar Gunung Bromo – Tengger memiliki curah hujan yang tinggi (Zaennudin, 1990).

Menurut Mulyadi (1992), pada dinding Cemorolawang ke arah barat laut terdapat lava andesitik. Urutan lava dari bawah ke atas menunjukkan komposisi andesit-basaltik sampai andesit. Lava paling bawah berumur  $825 \pm 90$  ka BP, ditafsirkan sebagai sisa tubuh tua dari kerucut Ngadisari. Produk Cemorolawang menyebar ke lembah Sapikerep-Sukapura dan sedikit ke arah barat. Sama halnya pada daerah Kerucut Tengger Tua di dinding kaldera Lautan Pasir, dimana produk pada daerah ini terdiri dari lava berkomposisi andesit-basaltik sampai andesitik.

### 2.1.2 Konsep Citra Digital

Suatu citra satelit pada hakikatnya adalah representasi gambar menggunakan berbagai jenis panjang gelombang yang digunakan untuk mendeteksi dan merekam energi elektromagnetik sedangkan foto merujuk pada citra yang dideteksi dan direkam dalam kertas foto. Foto juga dapat direpresentasikan dan ditampilkan dalam format digital dengan membagi foto tersebut ke dalam luas satuan yang lebih kecil seperti pada gambar 2.1, yang dikenal sebagai piksel dan tingkat kecerahan (*brightness*) untuk tiap piksel dapat ditampilkan dalam suatu ukuran numerik atau bilangan digital. Dua cara dalam merepresentasikan dan menampilkan data penginderaan jauh ini, baik dengan warna maupun secara digital dapat saling dipertukarkan karena pada hakikatnya mengandung informasi yang sama. yang dideteksi dan direkam dalam kertas foto.

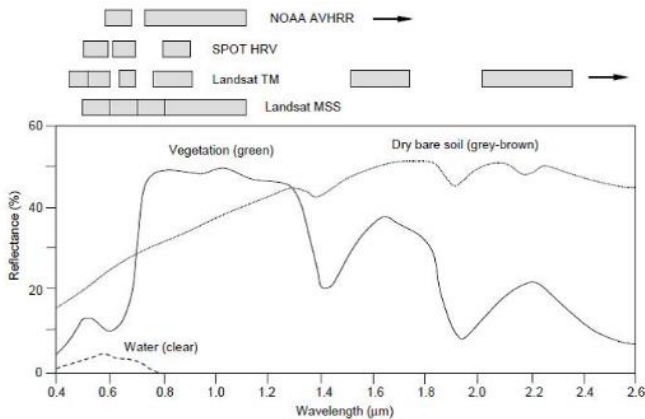


**Gambar 2. 4** Bentuk Gambar Digital (Indarto, 2016)

Pada konsep ini suatu piksel didefinisikan sebagai suatu *picture element* dua dimensi yang menyatakan ukuran terkecil dari suatu citra digital. Tiap piksel pada baris ke  $i$  dan kolom ke  $j$ , mempunyai nilai kecerahan (*brightness value/BV*) awal yang berkaitan dengan kondisi tiap piksel tersebut (*original BV*). Beberapa ilmuwan menyatakan hal ini sebagai *Digital Number* (DN) (Indarto, 2016).

### 2.1.3 Pantulan Spektral

Pada beberapa objek yang berbeda, detail objek tersebut di dalam citra dapat dibedakan dengan membandingkan responsnya terhadap rentang panjang gelombang yang berbeda. Pada sensor pasif, cahaya matahari yang dideteksi oleh sensor utama berasal dari pemantulan (*reflectance*) sinar matahari oleh benda-benda yang ada di permukaan bumi, meskipun beberapa sensor dapat juga mendeteksi energi yang diemisikan. Secara teori, tingkat pemantulan sinar matahari oleh permukaan bumi berbeda antara satu objek dengan yang lain. Lebar spektrum pemantulan untuk setiap material di permukaan bumi umumnya unik (bersifat khusus yang mencirikan objek tersebut), dan oleh karenanya disebut penciri spektral (*spektral signature*) objek tersebut. Seperti pada gambar 2.2 setiap objek seperti tanah atau air memiliki penciri spektralnya masing-masing. Pada Teknik penginderaan jauh, penting untuk menginvestigasi respon spektral suatu objek (material/fitur) sebelum menginterpretasikan apa yang terlihat di citra (Indarto, 2016).



**Gambar 2. 5** Pantulan spektral (Indarto, 2016)

### 2.1.4 Resolusi

Dalam bekerja dengan data spasial digital, para pengguna peta biasanya tidak langsung berbicara tentang skala. Dalam ‘bahasa’ peta-peta tercetak, para geografiwan, perencana, dan surveyor pemetaan biasanya menggunakan istilah skala, yaitu konsep yang menyatakan perbandingan antara ukuran yang tersaji pada peta dengan ukuran nyata di lapangan. Untuk sistem pencitraan berbasis digital, biasanya digunakan konsep resolusi.

Resolusi adalah kemampuan suatu sistem optik-elektronik yang membedakan informasi yang secara spasial berdekatan atau secara spektral memiliki kemiripan. Dalam bidang penginderaan jauh, terdapat empat konsep resolusi yang sangat penting, yaitu resolusi spasial, resolusi spektral, resolusi

radiometrik, dan resolusi temporal. Dalam praktik pengolahan citra, resolusi juga memegang peranan penting.

Singkatnya, resolusi spasial adalah ukuran terkecil objek yang masih dapat dideteksi oleh suatu pencitraan. Semakin kecil ukuran objek yang dapat dideteksi, semakin halus atau tinggi resolusi spasialnya. Citra satelit SPOT beresolusi 10 dan 20 meter dapat disebut memiliki resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra Landsat TM yang memiliki resolusi 30 m.

Resolusi spektral adalah kemampuan suatu sistem optik-elektronik untuk membedakan informasi objek berdasarkan pantulan atau pancaran spektralnya. Semakin banyak jumlah saluran citranya dan masing-masing cukup sempit, semakin tinggi kemungkinannya untuk membedakan objek berdasarkan respon spektral. Dengan kata lain, semakin sempit interval panjang gelombangnya dan atau semakin banyak jumlah salurannya, semakin tinggi pula resolusi spektralnya.

Resolusi radiometrik adalah kemampuan sensor dalam mencatat respons spektral objek. Respon berupa resolusi radiometrik datang mencapai sensor dengan intensitas yang bervariasi. Sensor yang peka dapat membedakan selisih respons yang paling lemah sekalipun.

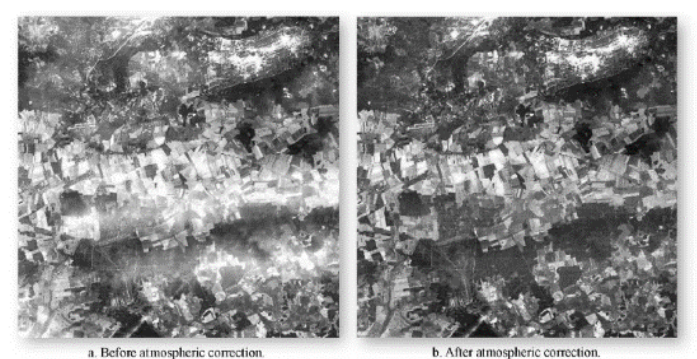
Ketelitian temporal berkaitan dengan frekuensi data yang dihasilkan oleh satelit dalam satuan waktu tertentu pada suatu wilayah yang sama oleh sensor. Idealnya, suatu sensor memperoleh data secara berulang untuk membedakan karakteristik wilayah atau fenomena yang diamati dari waktu ke waktu (Indarto, 2016).

## **2.1.5 Koreksi Data Citra**

Pada proses penerimaan citra, beberapa kesalahan internal dan eksternal dapat menurunkan kualitas dan keakuratan citra yang dihasilkan. Pengolahan data dimaksudkan sebagai proses perbaikan dan koreksi citra (*image restoration and rectification*) yang dimaksudkan untuk mengoreksi kesalahan karena distorsi radiometrik dan geometrik yang disebabkan oleh sensor dan platform. (Indarto, 2016).

### **2.1.5.1. Koreksi Radiometrik**

Koreksi radiometrik merujuk pada operasi yang mengurangi atau menghilangkan distorsi radiasi elektromagnetik yang diterima oleh tiap detektor. Koreksi radiometrik diperlukan karena variasi dari tingkat iluminasi suatu *scene* dan geometri penglihatan (*viewing geometry*), kondisi atmosfer, *noise* dan respons sensor. Tujuan umum dari koreksi radiometrik secara absolut adalah mengalibrasi/menyesuaikan nilai digital dari tingkat kecerahan (DN) yang terekam pada sistem penginderaan jauh ke dalam nilai reflectance pada permukaan dengan skala tertentu. (Indarto, 2016).

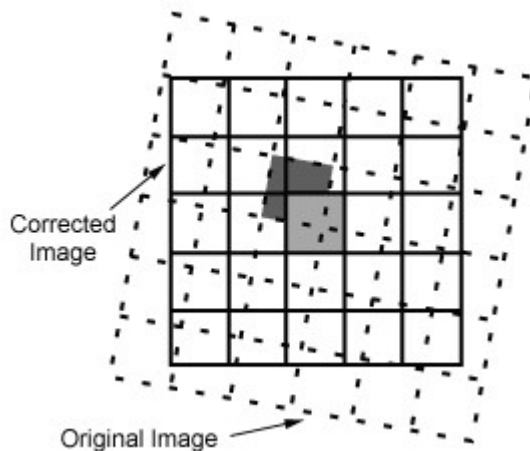


**Gambar 2. 6** Koreksi radiometrik pada citra (Indarto, 2016)

Berdasarkan gambar 2.5(a) citra tampak buram dikarenakan adanya pengaruh pembelokan gelombang elektromagnetik oleh atmosfer, kemudian gambar (b) setelah dikoreksi maka bagian yang tampak buram kini terlihat lebih tajam (Indarto, 2016).

#### 2.1.5.2. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik bertujuan untuk mengantisipasi distorsi sehingga secara geometris citra yang ada dapat menggambarkan se persis mungkin dengan wilayah di permukaan bumi yang dipotret. Koreksi geometrik disebut juga sebagai proses *geo-referencing* (registrasi citra), suatu prosedur untuk menentukan koordinat suatu citra terhadap koordinat bumi (misalnya koordinat geografik dalam *longitude* dan *latitude*). (Indarto, 2016)



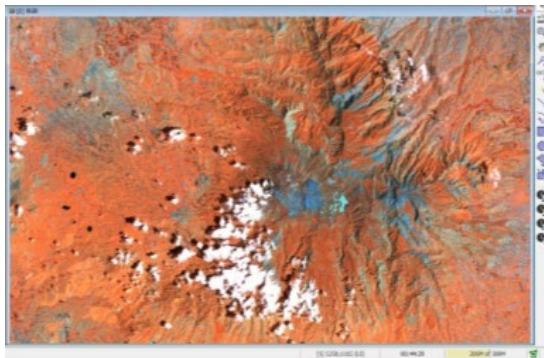
**Gambar 2. 7** Koreksi geometrik pada citra (Indarto, 2016)

Berdasarkan gambar 2.6 koreksi geometrik merupakan metode proyeksi citra, yaitu penyesuaian koordinat citra pada ke koordinat yang sebenarnya di permukaan bumi. Koordinat citra aslinya dalam format (baris, kolom) perlu ditepatkan dengan koordinat sebenarnya di permukaan bumi, dalam format (*longitude, latitude*) (Indarto, 2016).

### 2.1.6 Komposit Band

Tiga kombinasi sinar berwarna (*red, green, blue*) dibutuhkan untuk dapat menampilkan citra dengan komposisi warna (*colour composite*). Komposisi warna citra dapat diperoleh dengan memisahkan tiap band ke dalam warna primer. Warna lain dapat diperoleh dari kombinasi ketiga warna primer (merah, hijau, biru) pada berbagai variasi.

Citra digital berwarna diperoleh dari analisis secara terpisah bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik yang sesuai warna merah, hijau, dan biru (disebut sebagai warna primer). Pada prinsipnya kita dapat membuat komposisi warna dengan menyinari objek menggunakan ketiga warna primer tersebut. Jika setiap kanal di dalam citra primer dilambangkan menggunakan skala sampai dengan 256 tingkat, maka secara teoritis kita dapat membuat kombinasi 16 juta warna (256<sup>3</sup>). (Indarto, 2016).

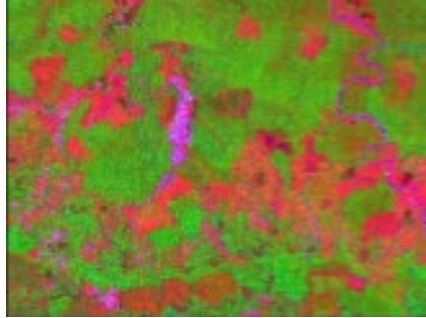


**Gambar 2. 8** Contoh Komposit Warna (Purwanto dkk., 2016)

Berdasarkan gambar 2.12 dihasilkan gambar dari band 5, 6, dan 7 untuk memperoleh *false color*, tujuannya untuk memperoleh gambaran geomorfologi (Purwanto dkk., 2016).

### 2.1.7 Band Ratio

Teknik *band ratio* bertujuan untuk mengoptimalkan aspek spektral objek serta menajamkan kenampakan tutupan lahan dan batuan.



**Gambar 2. 9** Contoh aplikasi band ratio 3/5 untuk kelembaban tanah (Azmi dan Danoedoro, 2016)

Kendala dari teknik ini adalah adanya vegetasi yang menutupi permukaan tanah pada area kajian sehingga hasil yang diperoleh kurang efektif. Metode ini akan lebih efektif jika diterapkan pada daerah terbuka atau jarang terdapat penutup lahan terutama vegetasi. Kendala lainnya adalah hilangnya efek topografi akibat pembagian saluran yang dilakukan (Azmi dan Danoedoro, 2016).

#### **2.1.8 Landsat-8**

Landsat-8 dirancang dengan membawa sensor OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Citra ini memiliki kanal sebanyak 11 dimana kanal 1-9 berada pada sensor OLI dan kanal 10 dan 11 pada sensor TIRS. Landsat 8 merupakan citra multispektral dimana citra ini dapat menyediakan data lebih banyak karena direkam dengan lebih dari satu jenis sensor/detektor yang masing-masing menggunakan spektrum elektromagnetik yang berbeda-beda (Putra, 2009). Citra ini memiliki resolusi spasial dengan citra multispektral sebesar 30 m dan pankromatik sebesar 15 m. Data citra satelit Landsat 8 pada kana 1 hingga 7 untuk multispektral.

Pada Landsat 8 terdapat peningkatan sensitivitas yang semula tiap piksel memiliki kuantifikasi 8 bit telah meningkat menjadi 12 bit. Hal menjadikan proses interpretasi objek di permukaan menjadi lebih mudah. Dalam kajian ketersediaan air, penggunaan citra Landsat 8 dirasa paling tepat dipilih untuk identifikasi kebutuhan air, karena beberapa sensor tersebut mampu mengidentifikasi objek utama seperti tanah, vegetasi dan air dengan lebih jelas dibandingkan citra lain yang sejenis. Berdasarkan tabel (Pour dan Hashim, 2015) dalam (Kurnia Setia Dewi, 2018) mengenai karakteristik Landsat-8, pada band 5 dapat diaplikasikan untuk menekankan kandungan biomassa, band 6 untuk diskriminasi kadar air tanah dan vegetasi, band 7 untuk peningkatan kadar air tanah dan vegetasi

### 2.1.9 *Recharge Area*

*Recharge area* adalah daerah yang menyediakan sarana utama untuk pengisian air tanah. *Recharge area* alami yang baik adalah daerah dimana air permukaan mampu meresap menjadi air tanah. Jika daerah resapan berhenti berfungsi dengan baik, mungkin tidak ada air tanah yang cukup untuk disimpan dan digunakan (Riastika, 2012). *Recharge area* dapat dideteksi oleh penginderaan jauh dengan cara analisa kelurusan. Kelurusan dalam hal ini merupakan salah satu penanda adanya struktur geologi. Struktur ini berpotensi sebagai zona permeabel yang berperan sebagai jalan bagi fluida untuk mengalir menuju kedalaman yang lebih dangkal (Pambudi dkk., 2014).

Kemampuan lapisan batuan untuk menyimpan dan mengalirkan air dipengaruhi oleh porositas dan permeabilitas. Porositas dapat terbentuk secara primer dan sekunder. Porositas primer terbentuk akibat proses pengendapan berlangsung yaitu terbentuknya antar butiran komponen penyusun batuan sedimen. Sedangkan porositas sekunder terbentuk setelah litifikasi, baik melalui pelarutan dan atau pengekanan akibat tekanan-tekanan oleh gejala tektonik. Porositas sekunder memiliki kemampuan untuk menyimpan air lebih banyak daripada porositas primer. Hal ini dikarenakan terdapat *fracture-fracture* dan terpatahkan pada satuan batuan (Patonah - dan Hadian -, 2013).

Menurut Thouret (1999) dalam Toulrier dkk (2019) aliran lava dan endapan piroklastik *subordinat* merupakan kerangka kerja atau susunan campuran gunung berapi Bromo-Tengger. Lava merupakan lapisan impermeabel. Namun lapisan batuan ini dapat berubah menjadi lapisan permeabel jika terdapat rekahan akibat adanya proses geologi. Pada daerah vulkanik, kelurusan merupakan penanda adanya zona patahan dan rekahan yang meningkatkan porositas dan permeabilitas sekunder dan merupakan indikator baik untuk air tanah (Deepa dkk., 2016). Pada Singhal dan Gupta (1999) mengatakan bahwa batuan beku dan metamorf yang sudah retak dapat sebagai wadah untuk menyimpan fluida. Batuan yang mengalami retakan sebagai jalur utama fluida untuk mengalir. *Fractures* merupakan salah satu hal penting dalam struktur geologi untuk air tanah (Singhal dan Gupta, 1999).

Tutupan lahan adalah kenampakan material fisik permukaan bumi. Menurut Liang (2008) dalam (Sampurno dkk., 2016) tutupan lahan dapat menyediakan informasi untuk keperluan pemodelan serta untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi. Daerah yang teridentifikasi memiliki vegetasi yang tinggi diduga terdapat keberadaan air tanah di area tersebut. Hal ini dapat dianalisa dengan pemetaan tutupan lahan. Semakin banyak tumbuh-tumbuhan pada suatu area, maka potensi keberadaan sumber air juga semakin tinggi (Aristiwijaya, 2015)

### 2.1.10 *Klasifikasi Tidak Terbimbing*

Interpretasi visual untuk mengidentifikasi kelompok piksel yang homogen dalam citra dapat dilakukan dengan cara mengklasifikasikan fitur dalam citra

tersebut. Piksel yang relatif homogen, dapat menggambarkan berbagai fitur atau objek di permukaan bumi. Secara sederhana, metode klasifikasi dilakukan dengan menganggap tiap piksel secara individu dan mengelompokkan piksel tersebut ke dalam beberapa kelas pada kanal yang berbeda. Hasil klasifikasi berupa sekumpulan piksel yang merupakan anggota dari kelas fitur tertentu dan membentuk peta tematik yang berbeda dari citra awalnya. Salah satu metode klasifikasi yaitu klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*).

Klasifikasi tidak terbimbing dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu berapa kelas (minimum dan maksimum) yang akan digunakan. Hal ini dapat ditentukan dari pengetahuan mengenai kondisi lapangan atau berdasarkan kebutuhan dalam menentukan batas maksimum kelas yang ingin dibentuk. Maka, klasifikasi ini dapat dinyatakan sebagai proses klasifikasi yang objektif (dengan mengikuti pola natural yang ada di dalam citra itu sendiri). Hasil akhir proses klasifikasi adalah sejumlah kelas yang mungkin dapat digabung atau kelas yang rusak sehingga dihilangkan. Kelebihan metode ini yaitu tidak membutuhkan pengetahuan atau pengenalan terhadap wilayah yang dikaji dan pengguna cukup menentukan jumlah kelas atau kategori yang dibuat (Indarto, 2016).

### **2.1.11 Lineament Extraction**

Menurut (Herlambang dan Novranza, 2016) fitur kelurusan dapat secara visual diperjelas menggunakan peningkatan kualitas citra (*image enhancement*). Kemudian kelurusan akan diamati dan dilakukan digitasi secara manual. Namun, guna menghindari interpretasi subjektif, maka digunakan *Lineament Extraction* dengan software PCI Geomatica.

Proses ekstraksi ini terdiri dari tiga tahap, yaitu: pendeteksian tepi (*edge detection*) ambang batas (*thresholding*), ekstraksi kurva (*curve extraction*). Adapun parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

RADI – *Radius of filter in pixels*,

GTHR – *Threshold for edge gradient*

LTHR – *Threshold for curve length*

FTHR – *Threshold for line fitting error*

ATHR – *Threshold for angular difference*

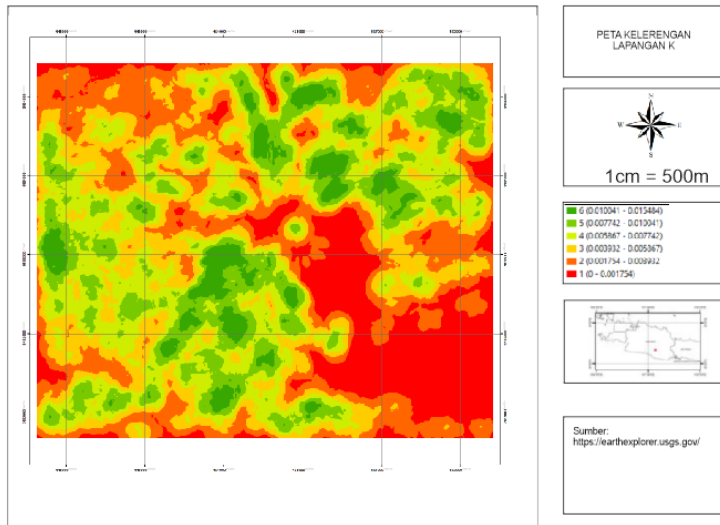
DTHR – *Threshold for linking distance*

Dengan menggunakan enam parameter di atas dan melakukan beberapa *input* variasi nilai, dihasilkan beberapa peta kelurusan. Variasi nilai parameter (*threshold*) yang paling sesuai dipilih dalam memperkirakan fitur kelurusan yang berkaitan dan mencerminkan struktur geologi (patahan maupun rekahan). Karakteristik patahan maupun rekahan yang dijadikan bahan pertimbangan untuk menentukan nilai *threshold* diantaranya adalah panjang, kelengkungan, segmentasi, separasi, arah dan sebagainya. Hasil ekstraksi kelurusan dapat dikuantifikasi menjadi kerapatan kelurusan (*lineament density*). Kerapatan didefinisikan sebagai total panjang kelurusan per unit area (Herlambang & Novranza, 2016).



## 2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait analisa recharge area menggunakan penginderaan jauh dilakukan oleh Trinanda Rizqita dengan judul penelitian “Aplikasi Metode Penginderaan Jauh dengan Menggunakan *Automatic Detection Algorithm* Studi Kasus : Recharge Area Lapangan K.” Dari hasil penelitian terdahulu, parameter topografi dan densitas kelurusan dapat mengidentifikasi daerah imbuhan. Dari hasil overlay peta kelerengan dan peta kerapatan kelurusan yang telah di *scoring*, penulis mengatakan bahwa dengan hasil penjumlahan skor kelerengan dan kerapatan kelurusan dapat menunjukkan daerah mana yang berpotensi sebagai recharge area.



**Gambar 2. 10** Peta kerapatan kelurusan dalam bentuk vektor

Gambar 2.11 merupakan hasil dengan nilai input parameter sebagai berikut

RADI	GTHR	LTHR	FTHR	ATHR	DTHR
5	50	10	1	30	3

Hasil dari pemetaan pada daerah penelitian yang berpotensi menjadi recharge area dan perlu dikonservasi yakni daerah: barat daya, barat, dan timur laut.

Penelitian lain yang menggunakan metode penginderaan jauh dilakukan oleh (Karmakar, 2018). Daerah penelitian berada di bawah Cagar Biosfer sehingga GIS dan pendeteksi jarak jauh ternyata menjadi sangat berguna untuk penjelasan Geo-hidrologis. Dalam jenis alam tanah seperti itu sulit untuk mengeksplorasi wilayah Air Tanah yang membutuhkan ekstraksi informasi dari gambar melalui pendeteksian jarak jauh dan GIS. Metode ini dapat

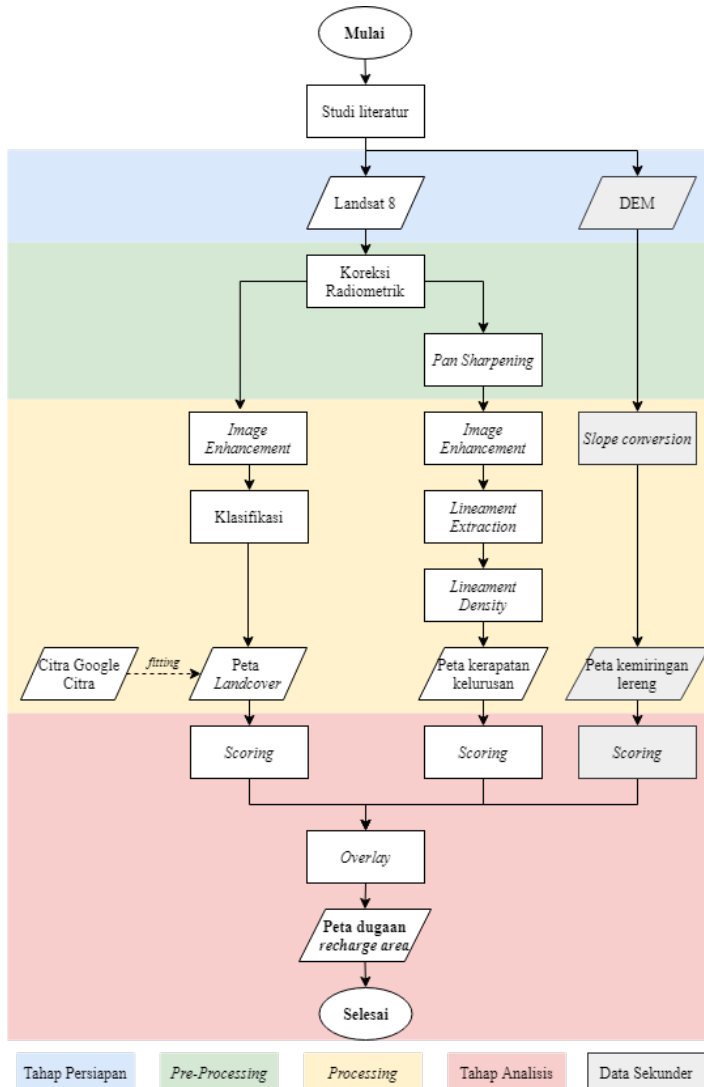
menggambarkan energi air tanah, aliran, dan pertumbuhannya. Hasil penelitian menegaskan bahwa pendeteksian jarak jauh juga cocok untuk menunjukkan garis kelurusan pada hutan tropis yang tersumbat. Peristiwa air tanah dalam daerah penelitian dikontrol oleh kelurusan terkait dengan retakan, lipatan, dan patahan. Persebaran kelurusan juga berkaitan langsung dengan pelepasan air tanah untuk kepentingan mata air. Hasil penelitian penulis, peta perpotongan kelurusan digunakan untuk memperkirakan bidang orientasi *fracture* yang beragam. Jika *fracture* tidak berpotongan di suatu daerah, peta yang dihasilkan akan diwakili oleh peta polos dengan hampir tidak ada kontur kerapatan dan *fracture* hampir paralel atau sub-paralel di suatu daerah. Setelah overlay peta perpotongan kelurusan pada peta kerapatan kelurusan, menginterpretasikan bahwa area dengan tingkat perpotongan yang tinggi dan sangat tinggi menunjukkan kepadatan kelurusan yang sangat tinggi. Zona perpotongan garis kelurusan tinggi di atas wilayah studi adalah zona layak untuk evaluasi potensi air tanah.

Pada penelitian (Aristiwijaya, 2015) dengan judul Identifikasi Potensi Sumber Air dengan Citra Satelit Landsat 8 dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Bojonegoro) membahas pengaruh vegetasi terhadap potensi. Daerah yang memiliki kerapatan vegetasi yang tinggi memiliki potensi adanya sumber air. Maka semakin banyak tumbuh-tumbuhan pada suatu area, maka potensi keberadaan sumber air juga semakin tinggi.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Alur Penelitian

Alur penelitian dijelaskan melalui diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

### 3.2. Data dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

1. Data Landsat 8 OLI/TIRS  
Data Landsat 8 OLI/TIRS merupakan citra multispektral yang didapatkan secara bebas dari *website* sumber terbuka (*open source*) yaitu *United States Geology Survey Explorer* dengan alamat website <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Data ini didapatkan dari Satelit *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) berasal dari kolaborasi antara NASA dan *Geological Survey* Amerika Serikat (USGS). Data diambil dengan tanggal 1 Oktober 2019.
2. Peta Digital Elevasi Model (DEM) SRTM daerah Umbulan  
Data DEM SRTM yang digunakan yaitu SRTM 90m DEM versi 4 dan didapatkan secara bebas dari website sumber terbuka (*open source*) yaitu *United States Geology Survey Explorer* dengan alamat website <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
3. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada Tabel berikut.

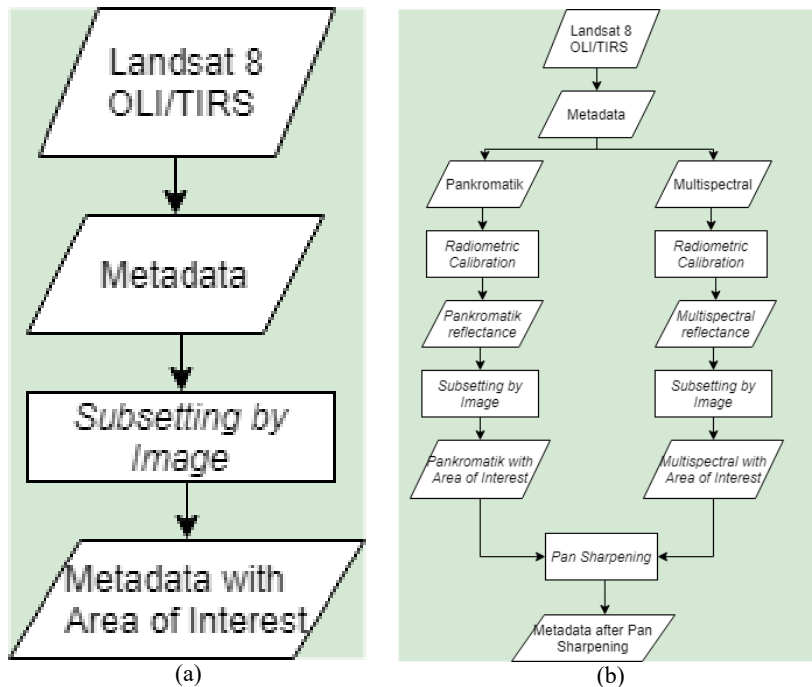
**Tabel 3. 1** Alat dan bahan

<i>Ms. Word 2016</i>	<i>Software</i> penunjang laporan
<i>ENVI 5.3</i>	<i>Software</i> pengolahan data citra
<i>PCI Geomatica</i>	<i>Software</i> ekstraksi kelurusan
<i>ArcGIS 10.3</i>	<i>Software</i> Analisa spasial

### 3.3. Daerah Penelitian

Daerah penelitian merupakan daerah Gunungapi Bromo – Tengger. Pada Bab 1.1 sudah dijelaskan bahwa salah satu dugaan *recharge area* berada pada daerah lereng Gunung Bromo. Gambar 3.2 merupakan batas daerah penelitian yang digunakan. Peta tersebut sebagai batasan data untuk dilakukan tahap selanjutnya yaitu tahap *pre-processing* pada saat *cropping* data.





**Gambar 3.3** Diagram Alir Tahap *Pre-Processing* (a) untuk parameter tutupan lahan (b) untuk parameter kerapatan kelurusan

### 3.4.2.1. Koreksi Geometrik

Data Landsat 8 Level 1 disajikan dalam satuan *Digital Number*, dimana data dapat dengan mudah diubah menjadi spektral *radiance* atau TOA pemantulan.

### 3.4.2.2. Koreksi Radiometrik

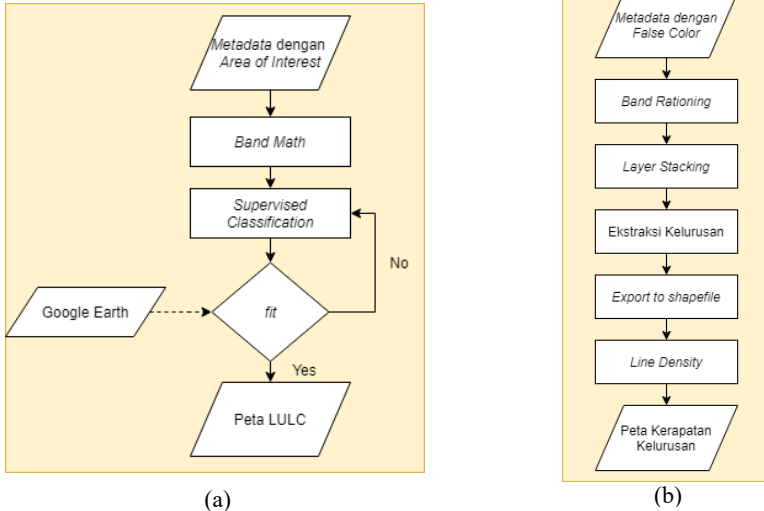
Koreksi Radiometrik dilakukan untuk mengkonversi dari bentuk *Digital Number* ke bentuk *reflectance*. Landsat 8 adalah citra dengan resolusi radiometrik 16-bit, artinya *Brightness Value* yang dimiliki Landsat 8 berupa 0 – 65,536. Maka, jika *Digital Number* pada Landsat 8 kurang atau lebih dari *range* tersebut perlu dilakukan kalibrasi. Kemudian dilakukan konversi nilai *Digital Number* menjadi *TOA reflectance*.

### 3.4.2.3. Pen Sharpening

*Pen Sharpening* dilakukan untuk meningkatkan resolusi spasial pada citra sehingga, objek lebih mudah untuk dibedakan. Resolusi spasial pada Landsat 8 berukuran 30 m. Maka, setelah dilakukan *Pen Sharpening* resolusi berukuran 15 m per *pixel*-nya. Metode *Pen Sharpening* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Gram-Schmidt* (GS). Setelah dilakukan *Pen Sharpening*, diharapkan ketika tahap pengolahan *Lineament Extraction* dapat mendeteksi kelurusan lebih

banyak. Sehingga, kelurusan minor yang diduga berpotensi sebagai *recharge area* dapat lebih terdeteksi.

### 3.4.3. Processing



**Gambar 3. 4** Diagram Alir Tahap Processing (a) untuk parameter tutupan lahan (b) untuk parameter kerapatan kelurusan

#### 3.4.3.1. Peta Geologi Regional

Merupakan tahap pengolahan untuk parameter pendukung penentuan zona *recharge area* berdasarkan litologi pada formasi geologi. Pengolahan dilakukan dengan melakukan digitasi berdasarkan pada peta geologi dalam bentuk *vector polygon* yang kemudian akan dilakukan overlay dengan data lain.

#### 3.4.3.2. Landsat 8

Tahap pengolahan utama pada Landsat 8 merupakan peningkatan elemen-elemen pada citra untuk proses klasifikasi serta interpretasi lebih lanjut, salah satu metodenya Komposit *Band*. Metode ini merupakan penggabungan variasi band pada kanal (merah, hijau, biru) untuk menghasilkan visual objek berdasarkan warna. *Principal Component Analysis* guna meningkatkan kontras rona pada relief untuk lebih menunjukkan kelurusan.

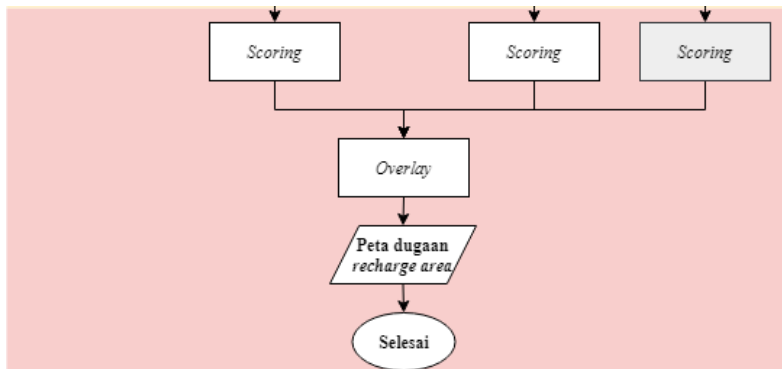
#### 3.4.3.3. Tutupan Lahan

*Landcover* merupakan parameter pendukung penentuan zona *recharge area* berdasarkan tutupan lahan. Setelah dilakukan *Image Enhancement*, maka dilanjutkan ke tahap klasifikasi. Pengolahan dilakukan dengan melakukan klasifikasi terbimbing berdasarkan data Landsat 8 dalam bentuk vector polygon yang kemudian akan dilakukan overlay dengan data lain. Tahap ini berdasarkan referensi sebelumnya yang dilakukan oleh (Septiani dkk., 2019) yaitu dengan judul “Perbandingan Metode *Supervised Classification* dan *Unsupervised Classification* terhadap Penutup Lahan di Kabupaten Buleleng.”.

#### 3.4.3.4. Kerapatan Kelurusan

Data yang sudah dilakukan hingga proses *image enhancement*, kemudian dilakukan ekstraksi kelurusan menggunakan software PCI Geomatica 2017. Pada proses ini digunakan 6 parameter sebagai berikut: RADI (*Filter Radius*), GTHR (*Gradient Threshold*), LTHR (*Length Threshold*), FTHR (*Line Fitting Error Threshold*), ATHR (*Angular Difference Threshold*), dan DTHR (*Linking Distance Threshold*). Tahap ini berdasarkan referensi sebelumnya mengenai Ekstraksi Kelurusan yang dilakukan oleh Trinanda Rizqita yaitu penelitian tugas akhir dengan judul “Aplikasi Metode Penginderaan Jauh dengan Menggunakan *Automatic Detection Algorithm* Studi Kasus : *Recharge Area* Lapangan K.”

#### 3.4.3.5. Overlay



**Gambar 3. 5** Diagram Alir Tahap Analisa *recharge area*

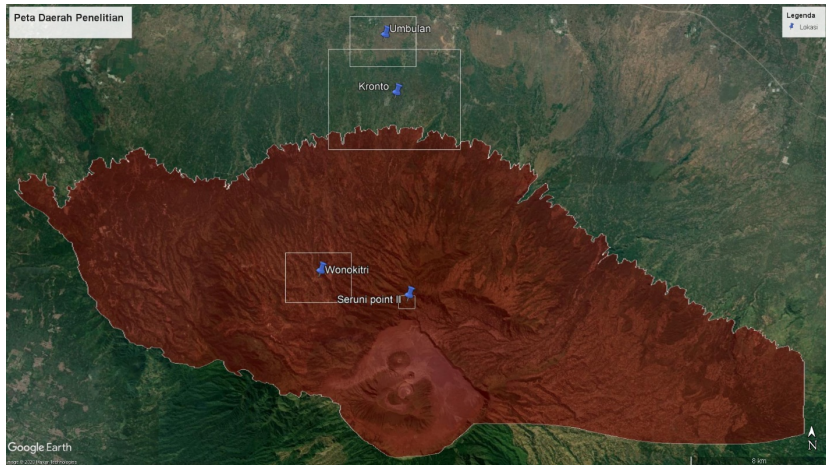
Merupakan tahap analisa gabungan *Landuse Landcover* dan kerapatan kelurusan dari Landsat 8 untuk mengidentifikasi apakah kelurusan yang rapat dengan vegetasi yang rapat merupakan *recharge area*.



## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pemilihan Citra Landsat 8

Citra multispektral dapat digunakan untuk mendeteksi objek atau fenomena geologi berdasarkan energi yang dipantulkannya, dimana sensor pada citra tersebut merekam energi elektromagnetik. Landsat 8 merupakan salah satu produk citra multispektral yang digunakan pada penelitian ini. Pemilihan citra Landsat 8 dilakukan dengan kondisi awan yang relatif sedikit yang diambil pada tanggal 1 Oktober 2019 dan mulai dari sekitar 700 m.d.p.l seperti pada Gambar 4.1. Cakupan area tersebut berdasarkan penelitian sebelumnya dimana pada ketinggian sekitar lebih dari 700 m diduga terdapat potensi *recharge area* dan mengikuti batas wilayah Cekungan Air Tanah (CAT) Pasuruan dan Probolinggo. Citra yang sedikit memiliki awan dapat menunjukkan area yang jelas tidak tertutup oleh awan sehingga dapat mempermudah saat tahap pengolahan. Berikut merupakan cakupan daerah penelitian dengan luas 517,46 km<sup>2</sup>.

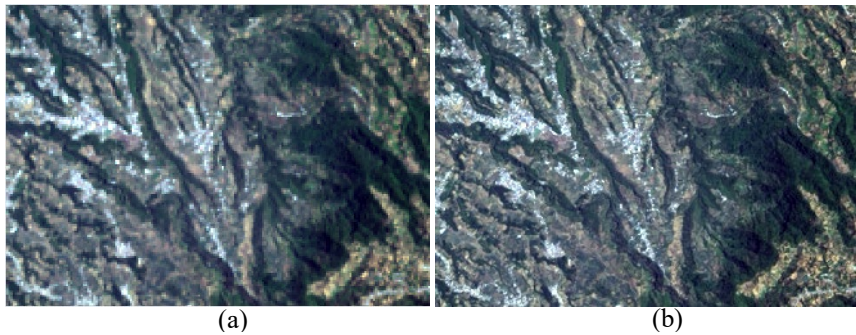


**Gambar 4. 1** Daerah penelitian dengan citra Google Earth

### 4.2 Analisa Data

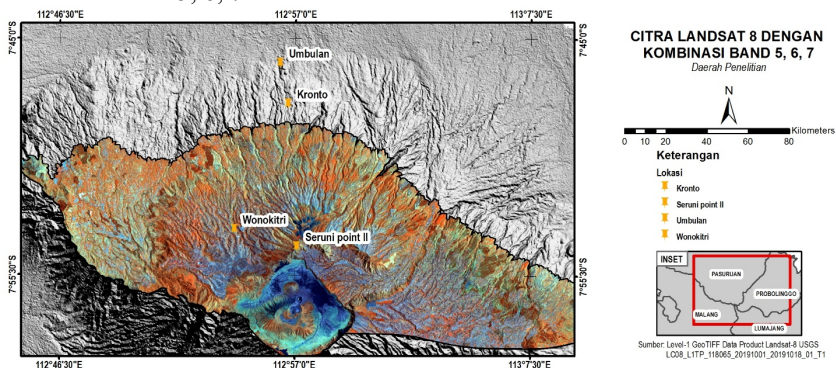
Landsat 8 merupakan citra multispektral dimana citra ini dapat menyediakan data lebih banyak karena direkam dengan lebih dari satu jenis sensor/detektor yang masing-masing menggunakan spektrum elektromagnetik yang berbeda-beda (Putra, 2009). Landsat 8 memiliki resolusi spasial dengan citra multispektral sebesar 30 m dan pankromatik sebesar 15 m. Citra pankromatik memiliki ketelitian spektral yang rendah, berbeda dengan citra multispektral. Maka perlu dilakukan proses peningkatan resolusi dengan cara *pan sharpening* untuk menghasilkan citra multispektral dengan resolusi spasial seperti pankromatik. Tahap ini untuk mempertajam detail spasial dan meningkatkan

perbedaan antar fitur di dalam citra (Indarto, 2016). *Pan sharpening* dilakukan dengan cara menggabungkan citra multispektral dengan citra pankromatik untuk membentuk citra berwarna yang memiliki ketelitian spasial tinggi.



**Gambar 4. 2** (a) Citra sebelum dilakukan *pan sharpening* (b) Citra setelah dilakukan *pan sharpening*

Landsat 8 mempunyai band multispektral yang dapat dikombinasikan. Pada penelitian ini untuk membedakan jenis tanah dan batuan digunakan kombinasi band 5, 6, 7 dengan saluran *Short Wave Infrared 1* (SWIR1) sebagai band 6 yang peka terhadap objek tanah dan vegetasi dan saluran *Short Wave Infrared 2* (SWIR2) sebagai band 7. Gambar 4.3 merupakan hasil citra Landsat 8 dengan kombinasi band 5, 6, 7.

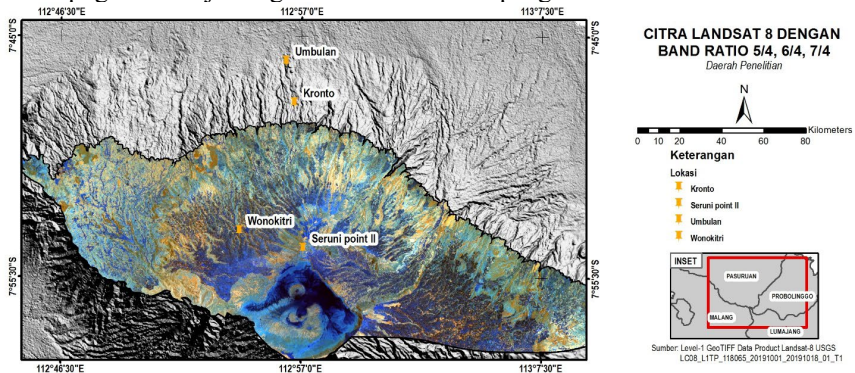


**Gambar 4. 3** Hasil citra Landsat 8 dengan kombinasi band 5, 6, 7

Berdasarkan peta geologi, warna coklat pada citra hasil citra kombinasi band 5, 6, 7 menunjukkan satuan lava. Sedangkan warna biru menunjukkan batuan piroklastik. Warna biru terlihat jelas pada daerah sekitar kaldera merupakan satuan jatuhan piroklastik kerucut muda (KmJp) dan contoh untuk warna coklat di sisi barat laut yang merupakan satuan jatuhan lava (Tr., KmL, dan NgL).

Selanjutnya akan dilakukan peningkatan kontras rona untuk menghilangkan efek bayangan dari topografi dengan cara *band ratio*.

Pada tahap ini bertujuan untuk menampilkan rona pada tiap sel murni yang merupakan hasil dari kontras objek/material pada permukaan bumi. Gambar 4.4 merupakan hasil dari *band ratio* dengan menggabungkan setiap band dari 5, 6, 7 dengan band 4. Hal ini dikarenakan pada band 4 mempunyai sebaran data paling luas. Hasil *band ratio* ini menghasilkan kontras rona dengan sebaran data paling luas sehingga objek lebih mudah untuk dibedakan. Berkurangnya efek bayangan dari topografi bertujuan agar tidak terbaca saat pengolahan *lineament extraction*.



**Gambar 4. 4** Citra hasil *band ratio* 5/4, 6/4, 7/4

#### 4.2.1 Analisa Kelurusan

Setelah dilakukan *band ratio* kemudian dilakukan ekstraksi kelurusan (*lineament extraction*). Pada tahap ini menggunakan software PCI Geomatics. Algoritma pada software tersebut memanfaatkan 6 parameter yaitu RADI, GTHR, LTHR, FTHR, ATHR, dan DTHR.

Pada penelitian (Rizqita, 2019) telah dijelaskan fungsi masing-masing nilai parameter input untuk ekstraksi kelurusan berdasarkan hasil penelitian. RADI (*Filter Radius*) merupakan parameter yang berfungsi sebagai filter pada edge detection dimana, semakin tinggi nilainya (dalam *pixel*) maka edge yang akan terdeteksi semakin banyak, namun juga semakin banyak kelurusan yang tidak diinginkan bermunculan (*noise*). GTHR (*Gradient Threshold*) adalah nilai yang membatasi tepi objek (*edge*) agar menjadi citra biner yang kemudian akan diekstraksi. Oleh sebab itu, semakin tinggi nilainya maka kelurusan yang akan terdeteksi semakin sedikit, begitu pula sebaliknya. LTHR (*Length Threshold*) adalah nilai batas yang menentukan batas panjang setiap kelurusan. Maka, semakin tinggi nilai LTHR semakin sedikit kelurusan yang terdeteksi, namun kelurusan yang terdeteksi besar / mayor. Namun, pada kasus ini struktur yang ingin dideteksi berupa struktur minor / fracture.

FTHR (*Line Fitting Error Threshold*) yaitu nilai kelurusan yang masih dalam bentuk kurva. Kurva ini akan dikonversi ke dalam bentuk vektor atau *polyline*. Kurva piksel yang diekstrak akan diubah menjadi bentuk vektor melalui pencocokan (*fitting*) segmen garis terhadapnya. ATHR (*Angular Difference Threshold*) yaitu sebuah nilai sudut dimana, jika nilai ATHR semakin besar sudutnya, maka 2 segmen *polyline* bisa lebih banyak terdeteksi. Namun *polyline* yang dihasilkan bentuknya relatif kaku. Sebaliknya, apabila nilainya semakin kecil, maka *polyline* akan lebih tersaring yang bentuknya relatif halus seperti struktur alami.

DTHR (*Linking Distance Threshold*) adalah nilai dua akhir-segmen yang saling menutup atau bertemu satu dengan lainnya (jarak antara titik akhir adalah kurang dari nilai DTHR). Setelah itu *polyline* akan disimpan dalam bentuk vektor. Semakin tinggi nilai DTHR maka, kelurusan akan semakin tertutup disebabkan jarak antar titik *end point* nya makin besar. Maka, kelurusan yang dihasilkan akan bertambah panjang dan berakhir dengan saling bertabrakan/menutupi (Rizqita, 2019). Variasi nilai input parameter untuk ekstraksi kelurusan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 1** Variasi nilai input parameter untuk ekstraksi kelurusan (Rizqita, 2019)

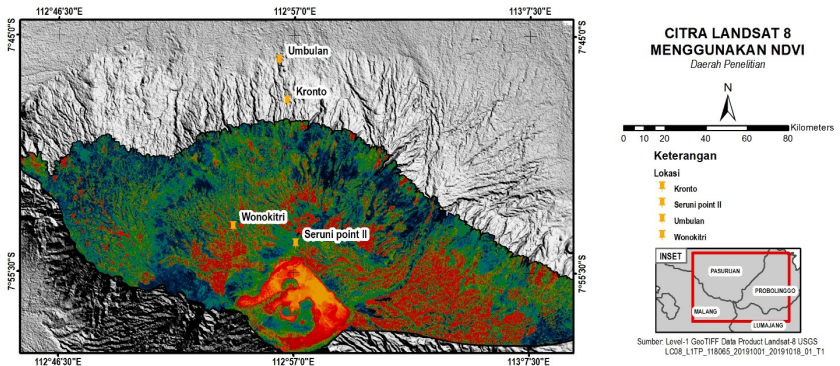
RADI	GTHR	LTHR	FTHR	ATHR	DTHR
5	20	10	1	30	3
10	50	20	3	45	10
				60	

#### 4.2.2 Analisa *Landuse Landcover* (LULC)

Penggunaan lahan / tutupan lahan (LULC) memiliki peranan penting dalam identifikasi potensi air tanah. Penutupan tanah mempengaruhi tingkat infiltrasi air. Permukaan tanah ditutupi oleh vegetasi seperti hutan dan lahan pertanian akan menyebabkan akar tanaman menahan air sedangkan penggunaan lahan yang dibangun dan berbatu mempengaruhi pengisian ulang air tanah dengan meningkatnya limpasan selama hujan (Pratama dkk., 2018).

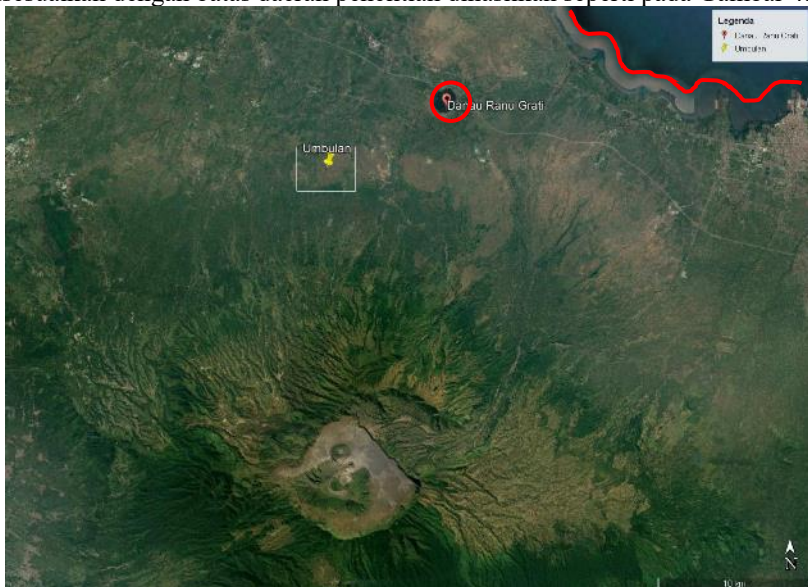
Pengolahan data citra landsat 8 dilakukan menggunakan software ENVI dengan memanfaatkan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Algoritma ini untuk mengetahui tingkat kehijauan suatu daerah dari citra yang digunakan. Pengidentifikasian indeks vegetasi berfungsi untuk mengetahui serapan air oleh vegetasi. Daerah dengan kerapatan vegetasi tinggi memiliki kemungkinan potensi air tanah yang tinggi. Sedangkan daerah yang dengan kerapatan vegetasi yang rendah memiliki kemungkinan potensi air tanah yang lebih kecil. Gambar 4.5 merupakan hasil dari pengolahan menggunakan algoritma NDVI.



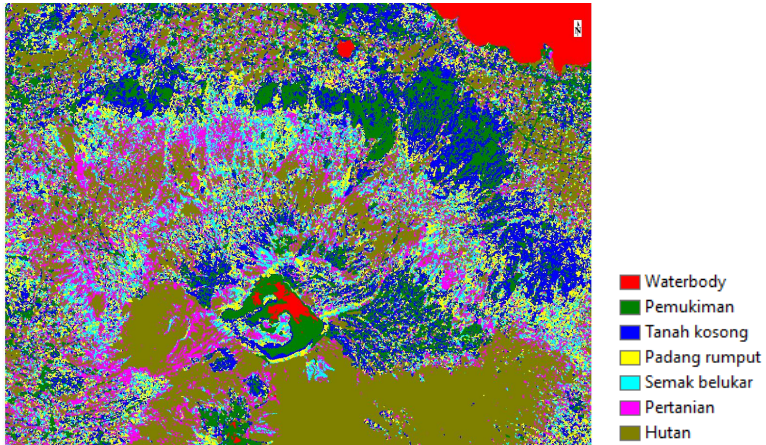


**Gambar 4. 5** Sebaran indeks vegetasi daerah penelitian

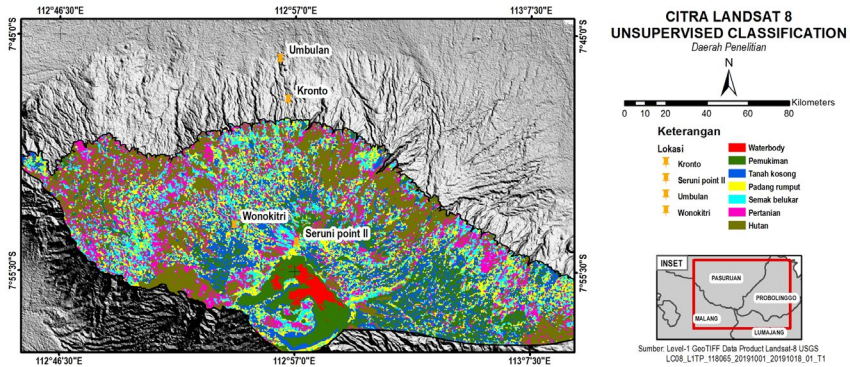
Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa warna biru tua merupakan indeks vegetasi dengan kerapatan tinggi, sedangkan warna merah hingga kuning merupakan indeks vegetasi dengan kerapatan yang rendah. Hal ini dapat dibuktikan jika kawasan diperluas seperti pada Gambar 4.7 untuk menyesuaikan penampakan citra Google Earth seperti pada Gambar 4.6. Warna kuning pada sisi timur laut merupakan kawasan laut dan pada sisi utara bagian kecil warna kuning merupakan Danau Ranu Grati. Sehingga, dari interpretasi sementara jika disesuaikan dengan batas daerah penelitian dihasilkan seperti pada Gambar 4.8.



**Gambar 4. 6** Penampakan dengan citra Google Earth



**Gambar 4. 7** Hasil klasifikasi menggunakan *unsupervised classification*



**Gambar 4. 8** Hasil klasifikasi menggunakan *unsupervised classification* daerah penelitian

Pada Gambar 4.8 kawasan kaldera Gunung Bromo terdapat kelas *waterbody* dan pemukiman. Sedangkan, jika dilihat dengan citra Google Earth pada kawasan tersebut tidak terdapat pemukiman atau daerah terbangun. Maka, pada kawasan padang pasir akan di pisahkan klasifikasinya menjadi kelas padang pasir. Pemisahan kelas ini perlu dilakukan menggunakan software ArcGIS dengan cara menambah kelas dan merubah atribut *shapefile* pada kawasan atribut menjadi kelas kaldera. Selain itu perlu dilakukan *clipping* agar sesuai dengan daerah penelitian seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya mengenai pemilihan citra Landsat 8 dan perubahan simbologi.

Hasil dari proses NDVI kemudian diklasifikasikan menggunakan metode *unsupervised classification*. *Unsupervised classification* digunakan untuk mengklasifikasikan dan mengidentifikasi jenis LULC. Citra yang digunakan

yaitu citra satelit Landsat 8 (OLI) tahun 2019 dengan resolusi spasial 30 m. Pada penelitian ini terdiri dari tujuh klasifikasi sesuai dengan referensi yang digunakan seperti pada Tabel 4.2

**Tabel 4. 2** Skor masing-masing kelas untuk parameter LULC modifikasi dari (Tolche, 2020)

Parameter	Kelas	Skor	Potensi
LULC	<i>Waterbody</i>	6	Istimewa
	Pertanian	5	Baik sekali
	Padang rumput	4	Baik
	Hutan	3,5	Cukup baik
	Semak belukar	2,5	Kurang baik
	Tanah kosong	2	Kurang
	Padang pasir	2	Kurang
	Pemukiman	1	Kurang sekali

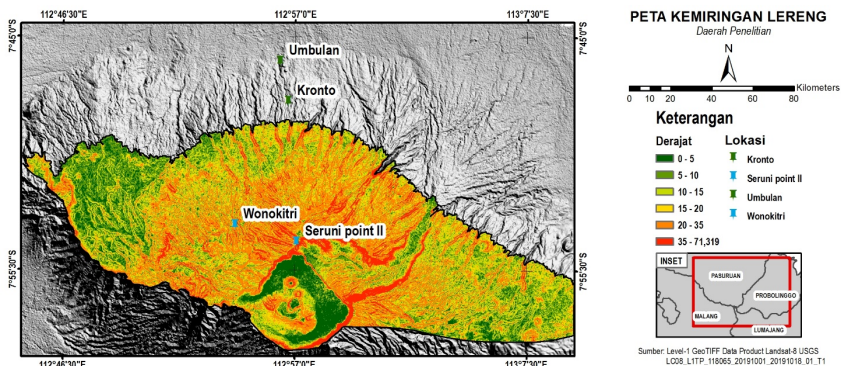
#### 4.2.3 Analisa Topografi

Daerah *recharge area* merupakan daerah yang terjadi infiltrasi air karena terdapat kawasan yang lerengnya tidak curam. Jika lerengnya curam, maka air akan mengalir ke daerah yang lebih rendah daripada terjadinya infiltrasi. Peristiwa ini biasa dikatakan *runoff*. Potensi daerah *recharge area* berdasarkan lerengnya diklasifikasikan seperti pada Tabel 4.3

**Tabel 4. 3** Skor masing-masing kelas untuk parameter kemiringan lereng modifikasi dari (Tolche, 2020)

Parameter	Kelas	Skor	Potensi
<i>Slope</i>	0 – 5	6	Istimewa
	5 – 10	5	Baik sekali
	10 – 15	4	Baik
	15 – 20	2	Kurang
	20 – 30	1	Kurang sekali
	30 – 71,319	0	Tidak Berpotensi

Maka berdasarkan Tabel 4.3, pada citra DEM SRTM-30 dihitung lereng tiap sel/*pixel* kemudian dihasilkan Peta kelerengan dengan klasifikasi berdasarkan Tabel 4.3 seperti pada Gambar 4.9.



**Gambar 4. 9** Peta kemiringan lereng daerah penelitian

### 4.3 Analisa Hasil

Setelah ditentukan kelas untuk klasifikasi LULC dan nilai input parameter densitas kelurusan (*lineament density*), selanjutnya dilakukan tahap *processing* untuk masing-masing parameter. Pada parameter *lineament density*, dilakukan pengujian variasi kombinasi setiap parameter untuk dilakukan analisa hasil pengolahan yang paling optimal. Sedangkan pada parameter LULC dilakukan proses *unsupervised classification* untuk mendapatkan peta LULC sesuai dengan kelas seperti pada Tabel 4.1

#### 4.3.1 Lineament Density

Berdasarkan Tabel 4.1, dilakukan pengujian dengan variasi sebanyak 96 kombinasi setiap parameter seperti pada Tabel 4.3. Variasi ini digunakan sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rizqita, 2019) dimana pada penelitian tersebut dilakukan untuk analisis *recharge area*. Namun, karena kondisi daerah penelitian berbeda maka akan dilakukan analisa hasil dari ekstraksi kelurusan berupa *lineament density* untuk menentukan hasil yang paling optimal.

**Tabel 4. 4** Variasi parameter untuk 96 percobaan

	RADI	GTHR	LTHR	FTHR	ATHR	DTHR
Line 1	5	20	10	1	30	3
Line 2	5	20	10	1	30	10
Line 3	5	20	10	1	45	3
Line 4	5	20	10	1	45	10
Line 5	5	20	10	1	60	3
Line 6	5	20	10	1	60	10



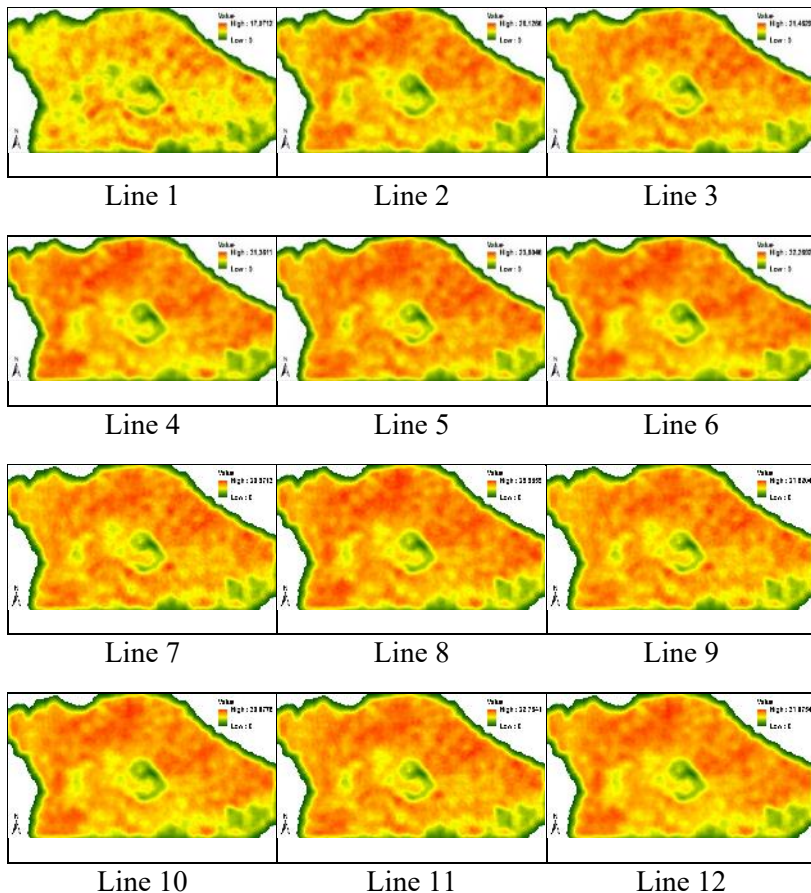
	<b>RADI</b>	<b>GTHR</b>	<b>LTHR</b>	<b>FTHR</b>	<b>ATHR</b>	<b>DTHR</b>
<i>Line 7</i>	5	20	10	3	30	3
<i>Line 8</i>	5	20	10	3	30	10
<i>Line 9</i>	5	20	10	3	45	3
<i>Line 10</i>	5	20	10	3	45	10
<i>Line 11</i>	5	20	10	3	60	3
<i>Line 12</i>	5	20	10	3	60	10
<i>Line 13</i>	5	20	20	1	30	3
<i>Line 14</i>	5	20	20	1	30	10
<i>Line 15</i>	5	20	20	1	45	3
<i>Line 16</i>	5	20	20	1	45	10
<i>Line 17</i>	5	20	20	1	60	3
<i>Line 18</i>	5	20	20	1	60	10
<i>Line 19</i>	5	20	20	3	30	3
<i>Line 20</i>	5	20	20	3	30	10
<i>Line 21</i>	5	20	20	3	45	3
<i>Line 22</i>	5	20	20	3	45	10
<i>Line 23</i>	5	20	20	3	60	3
<i>Line 24</i>	5	20	20	3	60	10
<i>Line 25</i>	5	50	10	1	30	3
<i>Line 26</i>	5	50	10	1	30	10
<i>Line 27</i>	5	50	10	1	45	3
<i>Line 28</i>	5	50	10	1	45	10
<i>Line 29</i>	5	50	10	1	60	3

	<b>RADI</b>	<b>GTHR</b>	<b>LTHR</b>	<b>FTHR</b>	<b>ATHR</b>	<b>DTHR</b>
<i>Line 30</i>	5	50	10	1	60	10
<i>Line 31</i>	5	50	10	3	30	3
<i>Line 32</i>	5	50	10	3	30	10
<i>Line 33</i>	5	50	10	3	45	3
<i>Line 34</i>	5	50	10	3	45	10
<i>Line 35</i>	5	50	10	3	60	3
<i>Line 36</i>	5	50	10	3	60	10
<i>Line 37</i>	5	50	20	1	30	3
<i>Line 38</i>	5	50	20	1	30	10
<i>Line 39</i>	5	50	20	1	45	3
<i>Line 40</i>	5	50	20	1	45	10
<i>Line 41</i>	5	50	20	1	60	3
<i>Line 42</i>	5	50	20	1	60	10
<i>Line 43</i>	5	50	20	3	30	3
<i>Line 44</i>	5	50	20	3	30	10
<i>Line 45</i>	5	50	20	3	45	3
<i>Line 46</i>	5	50	20	3	45	10
<i>Line 47</i>	5	50	20	3	60	3
<i>Line 48</i>	5	50	20	3	60	10
<i>Line 49</i>	10	20	10	1	30	3
<i>Line 50</i>	10	20	10	1	30	10
<i>Line 51</i>	10	20	10	1	45	3
<i>Line 52</i>	10	20	10	1	45	10

	<b>RADI</b>	<b>GTHR</b>	<b>LTHR</b>	<b>FTHR</b>	<b>ATHR</b>	<b>DTHR</b>
<i>Line 53</i>	10	20	10	1	60	3
<i>Line 54</i>	10	20	10	1	60	10
<i>Line 55</i>	10	20	10	3	30	3
<i>Line 56</i>	10	20	10	3	30	10
<i>Line 57</i>	10	20	10	3	45	3
<i>Line 58</i>	10	20	10	3	45	10
<i>Line 59</i>	10	20	10	3	60	3
<i>Line 60</i>	10	20	10	3	60	10
<i>Line 61</i>	10	20	20	1	30	3
<i>Line 62</i>	10	20	20	1	30	10
<i>Line 63</i>	10	20	20	1	45	3
<i>Line 64</i>	10	20	20	1	45	10
<i>Line 65</i>	10	20	20	1	60	3
<i>Line 66</i>	10	20	20	1	60	10
<i>Line 67</i>	10	20	20	3	30	3
<i>Line 68</i>	10	20	20	3	30	10
<i>Line 69</i>	10	20	20	3	45	3
<i>Line 70</i>	10	20	20	3	45	10
<i>Line 71</i>	10	20	20	3	60	3
<i>Line 72</i>	10	20	20	3	60	10
<i>Line 73</i>	10	50	10	1	30	3
<i>Line 74</i>	10	50	10	1	30	10
<i>Line 75</i>	10	50	10	1	45	3

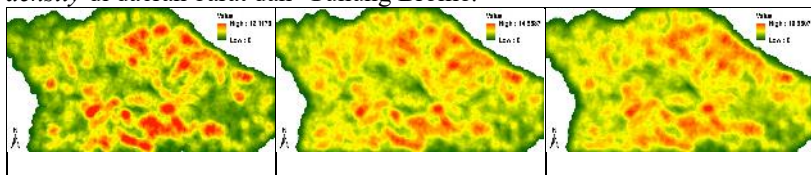
	<b>RADI</b>	<b>GTHR</b>	<b>LTHR</b>	<b>FTHR</b>	<b>ATHR</b>	<b>DTHR</b>
<i>Line 76</i>	10	50	10	1	45	10
<i>Line 77</i>	10	50	10	1	60	3
<i>Line 78</i>	10	50	10	1	60	10
<i>Line 79</i>	10	50	10	3	30	3
<i>Line 80</i>	10	50	10	3	30	10
<i>Line 81</i>	10	50	10	3	45	3
<i>Line 82</i>	10	50	10	3	45	10
<i>Line 83</i>	10	50	10	3	60	3
<i>Line 84</i>	10	50	10	3	60	10
<i>Line 85</i>	10	50	20	1	30	3
<i>Line 86</i>	10	50	20	1	30	10
<i>Line 87</i>	10	50	20	1	45	3
<i>Line 88</i>	10	50	20	1	45	10
<i>Line 89</i>	10	50	20	1	60	3
<i>Line 90</i>	10	50	20	1	60	10
<i>Line 91</i>	10	50	20	3	30	3
<i>Line 92</i>	10	50	20	3	30	10
<i>Line 93</i>	10	50	20	3	45	3
<i>Line 94</i>	10	50	20	3	45	10
<i>Line 95</i>	10	50	20	3	60	3
<i>Line 96</i>	10	50	20	3	60	10

Setelah dilakukan pengujian dengan variasi parameter berdasarkan Tabel 4.3 berupa *polyline*, selanjutnya akan dilakukan *gridding* untuk setiap sel berukuran sama seperti citra hasil *pen sharpening* yaitu 15 m. Hasil dari tahap ini berupa densitas kelurusan (*lineament density*) yang menunjukkan kerapatan kelurusan yang dihasilkan dari ekstraksi kelurusan.

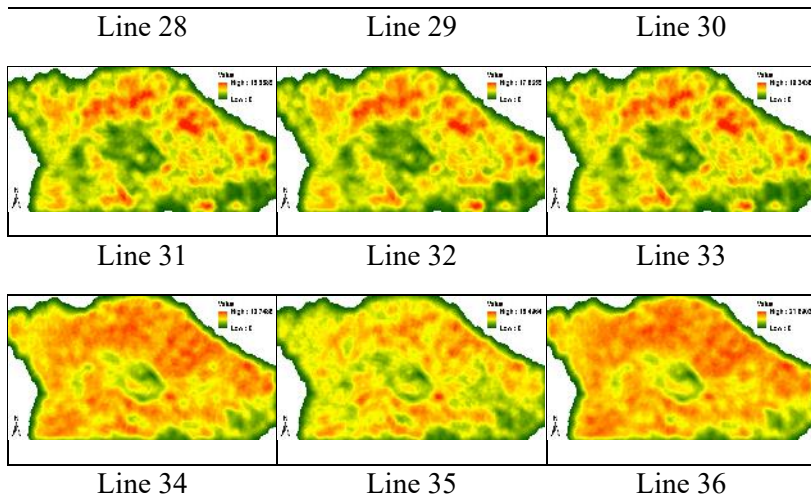


**Gambar 4. 10** Hasil *Lineament Density* Line 1-12

Berdasarkan Gambar 4.10, variasi nilai parameter terjadi pada ATHR, DTHR, serta FTHR dimana kedua parameter ini tidak berpengaruh secara signifikan. Nilai DTHR menghasilkan daerah yang terdapat penurunan *low density* di daerah barat dan Gunung Bromo.

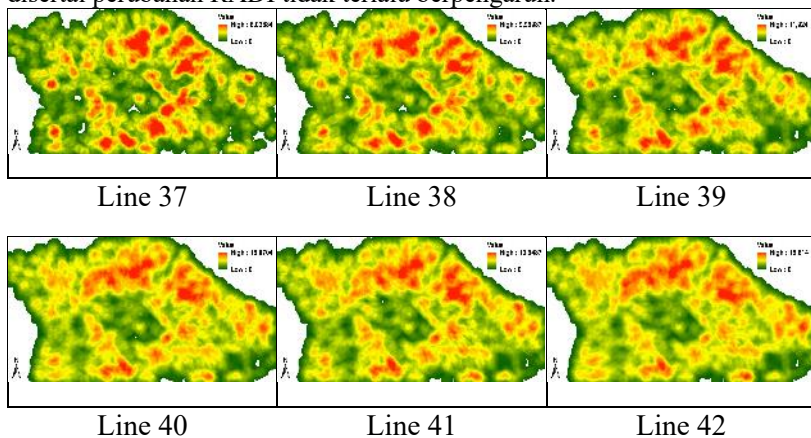


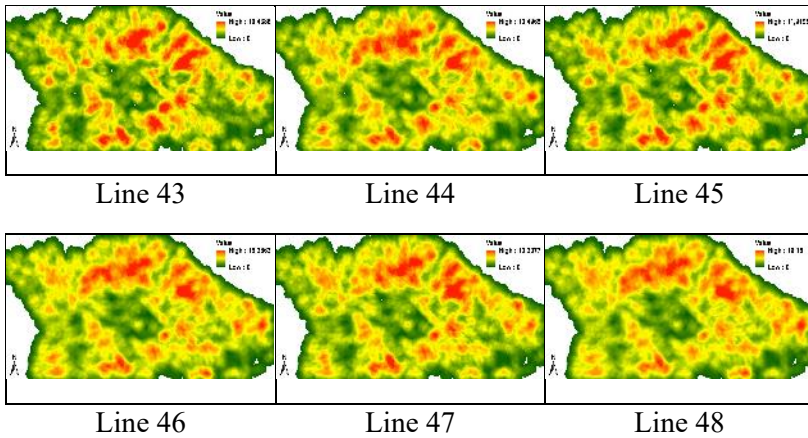




**Gambar 4. 12** Hasil *Lineament Density* Line 25-36

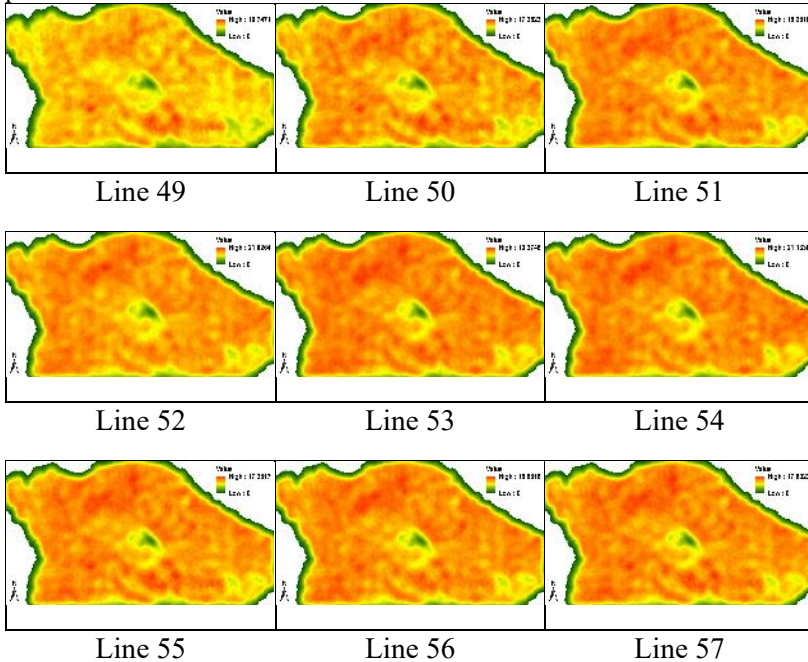
Line 25-36 juga didominasi oleh pengaruh dari parameter LTHR 10. Sementara nilai GTHR tidak terlalu berpengaruh pada hasil penelitian ini. karena nilai RADi tidak terjadi perubahan yang signifikan karena jika GTHR tanpa disertai perubahan RADi tidak terlalu berpengaruh.



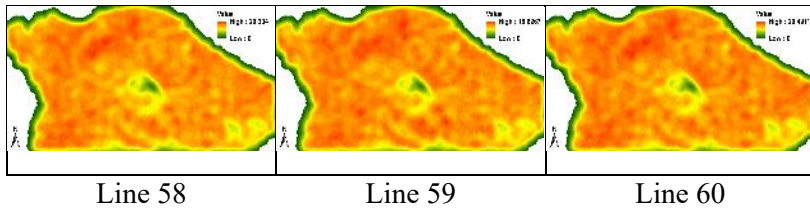


**Gambar 4. 13** Hasil *Lineament Density* Line 37-48

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan zona *high density* pada sisi utara Gunung Bromo. Hal ini diasumsikan karena adanya pengaruh kuat dari parameter DTHR dan ATHR pada nilai LTHR tertentu seperti yang terjadi pada Line 13-24.

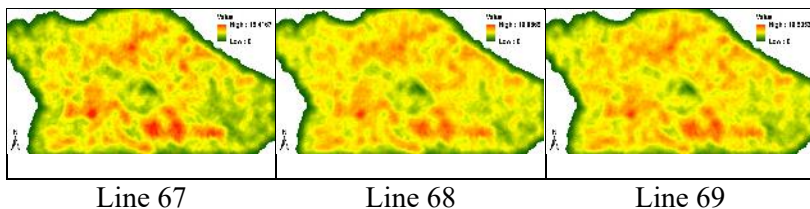
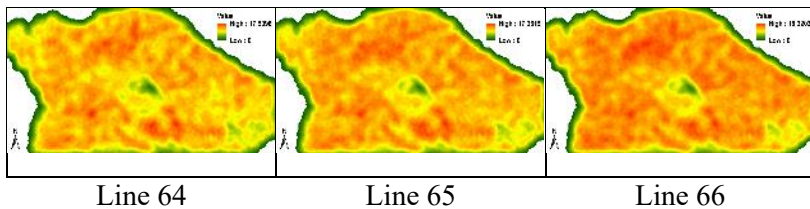
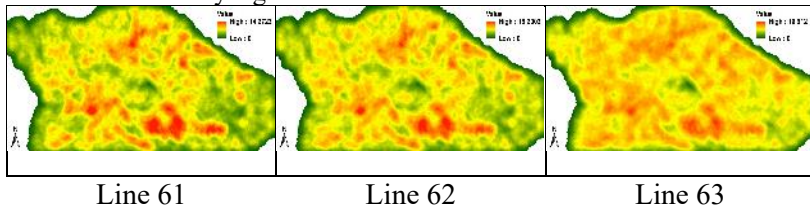


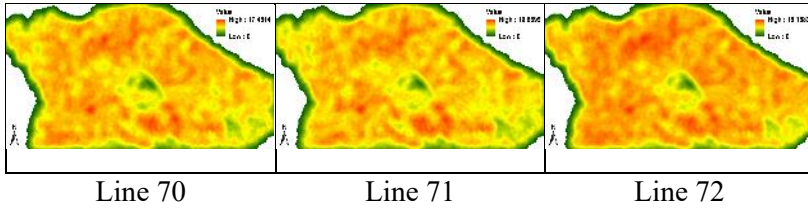




**Gambar 4. 14** Hasil *Lineament Density* Line 49-60

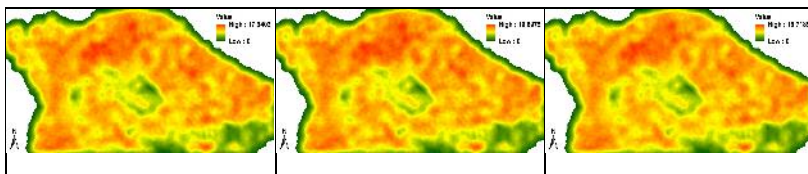
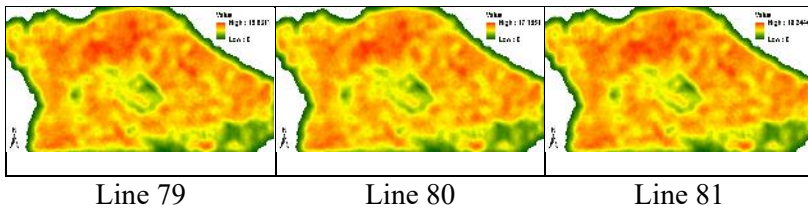
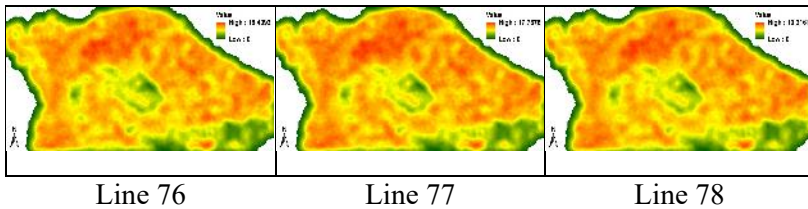
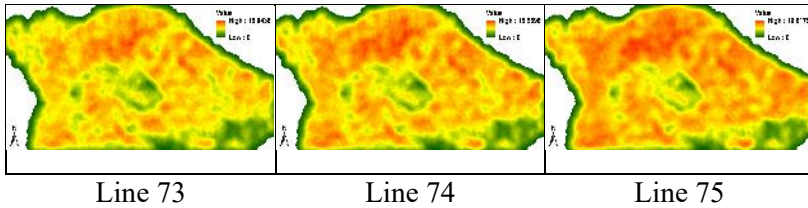
Pada variasi Line 46-90 menunjukkan banyak zona *high density*. Hal ini dikarenakan terjadi peningkatan nilai RADL. Sehingga pada kasus ini menyebabkan pertambahan kelurusan yang diduga terdeteksi sebagai tepi. Perubahan pada variasi ini tidak signifikan karena nilai LTHR 10 yang stabil. Maka parameter dari DTHR, ATHR, dan FTHR tidak berperan banyak. Hal ini juga terjadi pada Line 1-12 dimana tidak terjadi perubahan yang signifikan karena nilai LTHR yang stabil.





**Gambar 4. 15** Hasil *Lineament Density* Line 61-72

Pada Line 61-72 terjadi peningkatan zona *high density* secara signifikan. Hal ini diduga karena meningkatnya nilai RADi sehingga jumlah kelurusan bertambah. Selain itu, DTHR dan ATHR juga mempengaruhi banyaknya kelurusan yang terjadi seperti pada Line 13-24 dan Line 37-48 pada nilai LTHR 20.



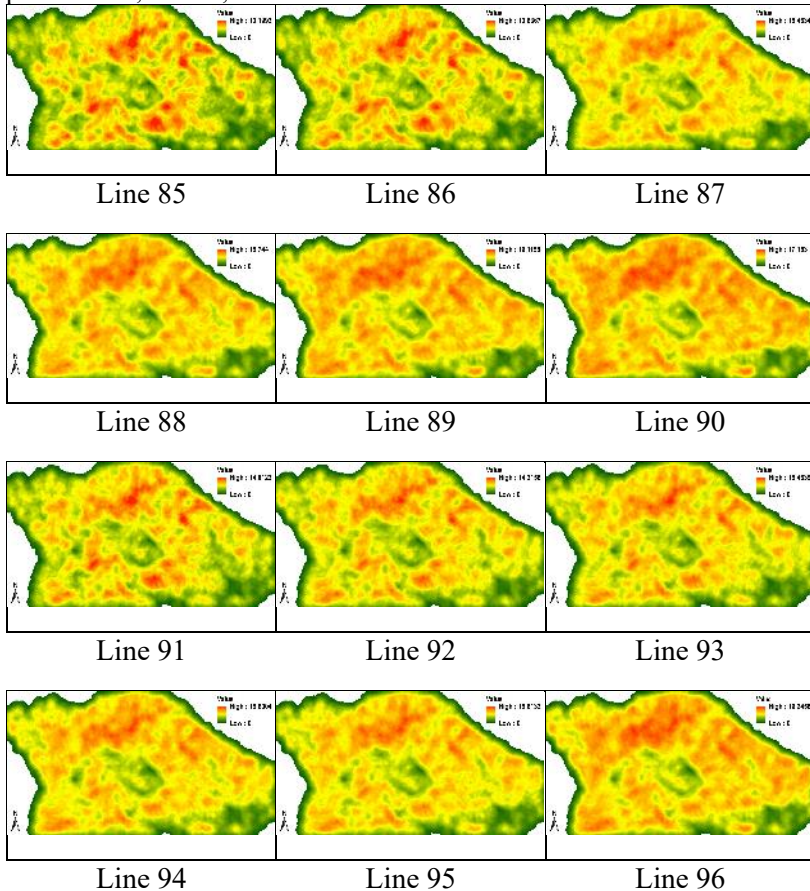
Line 82

Line 83

Line 84

**Gambar 4. 16** Hasil *Lineament Density* Line 73-84

Pada Line 73-84 memiliki zona *low density* lebih banyak jika dibandingkan dengan Line 49-60 dengan nilai *RADI* yang sama. Namun, nilai *GTHR* pada Line ini lebih besar yang mengakibatkan penyaringan pada ekstraksi kelurusan. Hal ini yang menyebabkan zona *low density* lebih banyak dihasilkan. Line ini juga tidak terjadi perubahan yang signifikan meskipun terjadi perubahan nilai pada *DTHR*, *ATHR*, dan *FTHR*.

**Gambar 4. 17** Hasil *Lineament Density* Line 85-96

Gambar 4.17 memiliki nilai LTHR 20, dimana pada kasus sebelumnya terjadi perubahan sedikit. Maka, nilai ATHR dan DTHR yang berperan pada perubahan yang terjadi. Pada Line 85-96 mempunyai peningkatan nilai pada parameter GTHR. Setelah dilakukan 96 variasi parameter, dapat disimpulkan parameter yang paling berpengaruh pada karakterisasi struktur yaitu LTHR, RADI, dan GTHR. FTHR, ATHR, dan DTHR akan berpengaruh jika disertai pengaruh dari LTHR, RADI, dan GTHR.

Dari hasil analisa, dapat disimpulkan, zona *high density* sering muncul pada daerah utara Gunung Bromo. Sedangkan zona *low density* selalu muncul pada pusat Gunung Bromo dan sisi tenggara. Sehingga dari hasil analisa *lineament density*, nilai parameter yang akan digunakan untuk karakteristik *recharge area* yaitu:

**Tabel 4. 5** Nilai input parameter yang digunakan

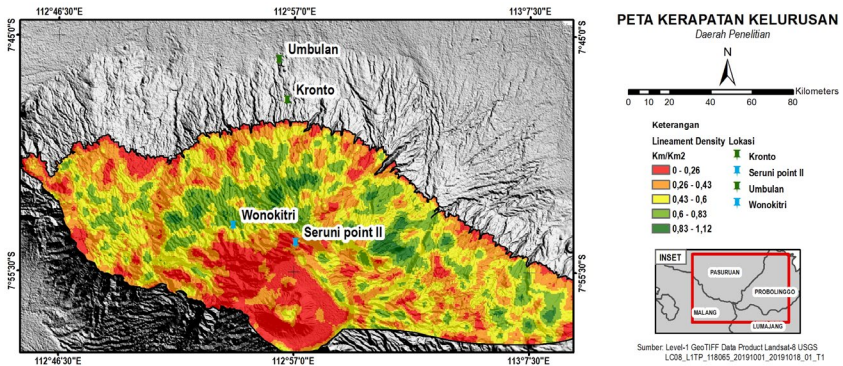
RADI	GTHR	LTHR	FTHR	ATHR	DTHR
5	50	10	3	30	3

Setelah ditentukan nilai input parameter untuk karakteristik *recharge area*, maka dilakukan klasifikasi seperti Tabel 4.5 untuk dilakukan tahap selanjutnya yaitu analisa spasial.

**Tabel 4. 6** Skor masing-masing kelas untuk parameter *lineament density* modifikasi dari (Tolche, 2020)

Parameter	Kelas (km/km <sup>2</sup> )	Skor	Kerapatan
<i>Lineament Density</i>	0,82 – 1,12	6	Sangat tinggi
	0,60 – 0,82	5	Tinggi
	0,43 – 0,60	4	Cukup tinggi
	0,26 – 0,43	2	Rendah
	0 – 0,26	1	Sangat rendah

Gambar 4.16 merupakan hasil *lineament density* yang telah dilakukan klasifikasi sesuai dengan referensi dengan skor setiap kelasnya seperti pada Tabel 4.6.



**Gambar 4. 18** Peta kerapatan kelurusan dalam bentuk vektor

Densitas kelurusan pada daerah penelitian diklasifikasikan terbagi dalam 5 kelas. Pada peta kerapatan kelurusan menunjukkan bahwa kelurusan yang lebih rapat tersebar di sisi utara Gunung Bromo dan sedikit bagian di sisi timur Gunung Bromo. Sebagian besar pada sisi utara Gunung Bromo dengan densitas kelurusan cukup tinggi hingga tinggi didominasi oleh satuan batuan piroklastik. Pada daerah vulkanik, kelurusan mewakili zona patahan dan rekahan yang meningkatkan porositas dan permeabilitas sekunder (Deepa dkk., 2016). Hal ini merupakan indikator baik untuk infiltrasi air tanah. Batuan piroklastik mempunyai porositas matrik lebih besar dibandingkan dengan lava (Rejeki dkk., 2005). Namun pada sisi timur mempunyai densitas kelurusan cukup tinggi hingga tinggi, sedangkan daerah tersebut sebagian besar merupakan satuan lava. Maka, disarankan penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian sample batuan dari daerah sisi timur dan barat.

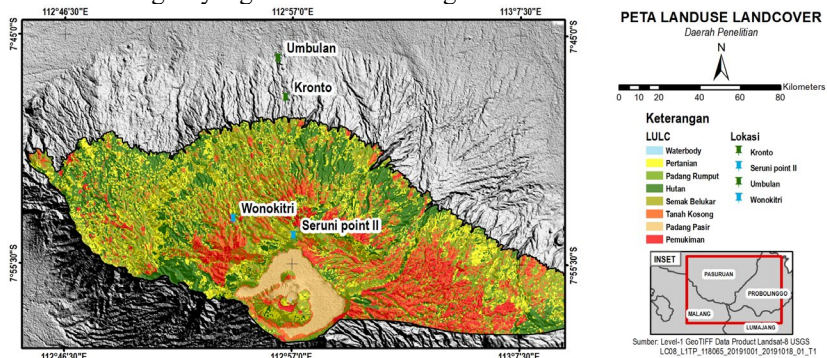
Daerah yang memiliki nilai densitas kelurusan dengan rentan 0,82 – 1,12 km/km<sup>2</sup> diklasifikasikan sebagai zona yang mempunyai potensi *recharge area* yang sangat tinggi. Pada daerah tersebut mencakup sekitar 2,03% dari daerah penelitian. Berdasarkan pada peta kerapatan kelurusan menunjukkan sebagian besar daerah penelitian memiliki densitas kelurusan yang buruk dan sangat buruk yang masing-masing mencakup 34,65% dan 21,71%. Sedangkan, daerah penelitian memiliki cakupan area 102,50 km/km<sup>2</sup> (13,31%) yang diklasifikasikan mempunyai kerapatan kelurusan yang tinggi.

#### 4.3.2 Landuse Landcover (LULC)

Gambar 4.19 merupakan hasil pemisahan kelas dan perubahan simbologi untuk mendapatkan peta LULC sesuai dengan kelas yang ditentukan pada Tabel 4.2. Peta LULC daerah penelitian pada Gambar 4.19 didapatkan dari proses *unsupervised classification* menggunakan software ENVI. Metode klasifikasi ini mempunyai kelebihan yaitu tidak membutuhkan pengetahuan atau pengenalan



terhadap wilayah yang dikaji. Sehingga, metode ini cukup menentukan jumlah kelas atau kategori yang dibuat sesuai dengan Tabel 4.2.



**Gambar 4. 19** Peta LULC daerah penelitian dalam bentuk vektor

Kawasan hutan lebat dan lahan pertanian memiliki kemampuan yang sangat baik untuk mengisi ulang dan menahan air tanah. Sedangkan, lahan kosong dan pemukiman kurang baik untuk infiltrasi dan pengisian ulang air tanah (Dar dkk., 2020). Pada hasil pengolahan parameter LULC daerah penelitian, kawasan hutan memiliki dominasi yang besar dibandingkan kategori lainnya dengan luas 257,16 km<sup>2</sup> (33%). Sedangkan, kawasan yang paling kecil merupakan kategori *waterbody* dengan luas 0,08 km<sup>2</sup> (0,01%). Pada Gambar 4.19 menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki dominasi dengan kawasan hijau dari paling luas yaitu kategori hutan, pertanian, semak belukar, dan padang rumput.

### 4.3.3 Analisa Spasial

Peta potensi *recharge area* dilakukan dengan menggunakan analisis *overlay* dengan menjumlahkan nilai bobot setiap lapisan tematik. Pada penelitian ini, untuk mengetahui karakteristik *recharge area* menggunakan parameter kerapatan kelurusan dan tutupan lahan. Skor area dengan tinggi dianggap sebagai zona prospek sebagai *recharge area*. Maka, peta potensi *recharge area* telah diklasifikasikan ke dalam lima kelas dengan potensi sebagai *recharge area* sangat tinggi ke sangat rendah. Masing-masing kelas ini akan dihitung luasan area nya agar dapat dianalisa. Berikut hasil perhitungan luas area masing-masing kelas

**Tabel 4. 7** Hasil perhitungan luas potensi *recharge area* tiap kelas daerah penelitian

Kelas	Luas (km <sup>2</sup> )
Sangat rendah	16,95
Rendah	83,85
Sedang	138,95
Tinggi	140,56

Sangat tinggi	137,15
Luas Total (km <sup>2</sup> )	517,46

Dari tabel 4.7 setelah itu dilakukan perhitungan persentase luasan area tiap kelas dari daerah penelitian seperti berikut

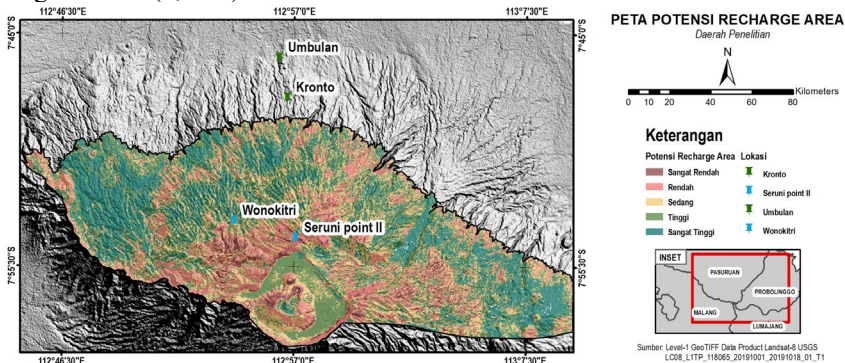
Contoh perhitungan persentase luasan area pada kelas sangat rendah dari daerah penelitian:

$$\text{Luas area kelas } x \text{ dari daerah penelitian (\%)} = \frac{\text{Total luas area kelas } x \text{ (km}^2\text{)}}{\text{Luas daerah penelitian (km}^2\text{)}} \times 100$$

$$\text{Luas area kelas sangat rendah dari daerah penelitian (\%)} = \frac{16,95 \text{ km}^2}{517,46 \text{ km}^2} \times 100$$

$$\text{Luas area kelas sangat rendah dari daerah penelitian (\%)} = 3,28 \text{ km}^2$$

Maka, dari perhitungan luas area untuk tiap kelas memiliki cakupan area yaitu sangat tinggi (26,5%), tinggi (27,16%), sedang (26,85%), rendah (16,20%), dan sangat rendah (3,28%).



**Gambar 4. 20** Peta potensi *recharge area*

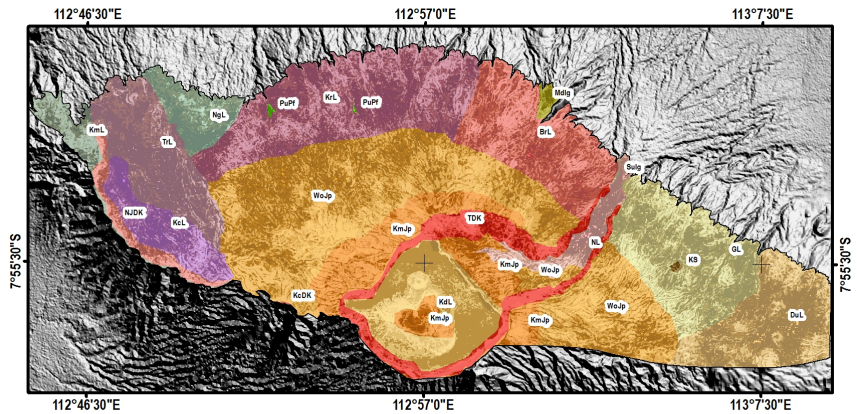
Potensi dengan klasifikasi sangat tinggi didominasi pada sisi utara Gunung Bromo dimana pada daerah tersebut merupakan kawasan yang didominasi oleh satuan jatuhnya piroklastik dan lava. Namun, lava mempunyai porositas matriks lava jauh lebih kecil dibandingkan dengan piroklastik. Hal ini dikarenakan piroklastik memiliki variasi ukuran butir dan kelimpahan fragmen yang lebih besar daripada lava (Rejeki dkk., 2005). Untuk perbandingan nilai porositas antara lava dengan piroklastik merujuk pada penelitian lain yang dilakukan oleh (Bernard dkk., 2007) di daerah Martinique, Perancis sedangkan untuk nilai porositas lava dan penelitian yang dilakukan oleh Custodio dkk (1983) yang tercantum pada (Alcolea, n.d.) untuk nilai porositas batuan piroklastik.

Pada hasil pengukuran porositas yang dilakukan oleh (Bernard dkk., 2007) di Martinique, Perancis menunjukkan batuan lava memiliki *connected porosity* dengan nilai 3%. Sedangkan, penelitian yang dilakukan oleh Custodio dkk

(1983) yang tercantum pada (Alcolea, n.d.) menunjukkan pada batuan piroklastik memiliki *connected porosity* kurang dari 5%.

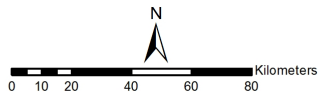
Kedua referensi penelitian tersebut kurang sesuai jika peta potensi recharge area di *overlay* dengan peta geologi seperti pada Gambar 4.21. Pada daerah satuan lava diklasifikasikan sangat tinggi karena pada parameter topografi daerah tersebut landai. Kedua penelitian tersebut hanya sebagai referensi nilai porositas untuk batuan lava dan piroklastik. Hal ini dikarenakan terdapat kondisi yang tidak memungkinkan saat penelitian ini berlangsung jika dilakukan mengenai uji sampel batuan daerah penelitian. Namun untuk lebih detail dan lebih pasti nilai porositas kedua batuan tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai nilai porositas menggunakan sampel batuan dari daerah penelitian. Hal ini dikarenakan karakteristik batuan setiap daerah berbeda maka perlu dilakukan uji sample batuan pada daerah penelitian.





### PETA POTENSI RECHARGE AREA

*Daerah Penelitian*



#### Keterangan

##### Geologi

- |                                        |                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Brl: Lava Branggah                     | Krl: Lava Kronto                           |
| DuL: Lava Duk                          | MdIg: Ignimbrite Madakaripura              |
| GL: Lava Gemito                        | NjDK: Dinding Vulkanik Kaldera Nongkojajar |
| KS: Kerucut Sinder Kronto              | NL: Lava Ngadisari                         |
| KcDK: Dinding Vulkanik Kaldera Kecil   | NgL: Lava Ngembal                          |
| KcL: Lava Kecil                        | PuPf: Aliran Piroklastik Puspo             |
| KdL: Lava Kerucut Muda                 | Sulg: Ignimbrite Sukapura                  |
| KmJp: Jatuhan Piroklastik Kerucut Muda | TDK: Dinding Vulkanik Kaldera Tengger      |
| KmL: Lava Kemiri                       | TrL: Lava Tuter                            |
|                                        | WoJp: Jatuhan Piroklastik Wonokiri         |

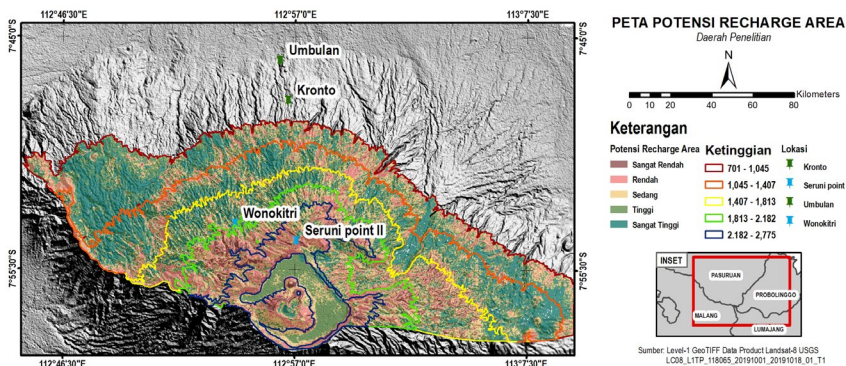
##### Potensi Recharge Area

- Sangat Rendah
- Rendah
- Sedang
- Tinggi
- Sangat Tinggi



Sumber: Level-1 GeoTIFF Data Product Landsat-8 USGS  
LC08\_L1TP\_118065\_20191001\_20191018\_01\_T1

**Gambar 4. 21** Peta Potensi Recharge Area *overlay* dengan Peta Geologi

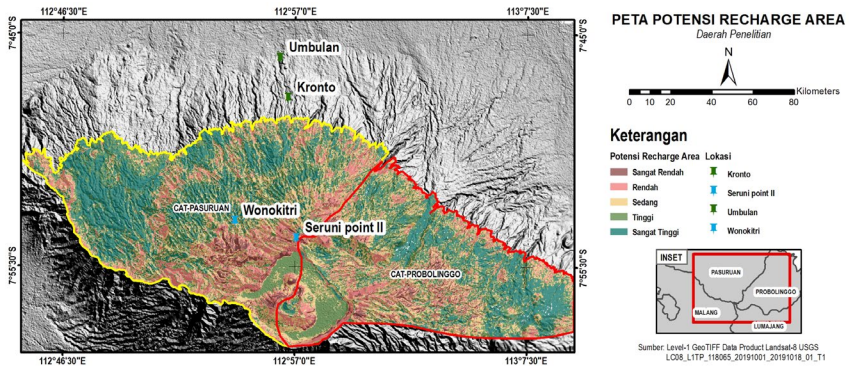


**Gambar 4. 22** Peta potensi *recharge area* overlay dengan DEM

Berdasarkan Gambar 4.20, daerah dengan potensi sangat tinggi dan tinggi didominasi di sisi utara Gunung Bromo. Kategori ini berada pada rentan elevasi mulai dari 701 hingga 2182 m.d.p.l jika dilihat pada Gambar 4.22. Hal ini dikarenakan pada daerah tersebut berdasarkan parameter LULC, didominasi oleh kawasan berupa semak belukar, padang rumput, pertanian, dan hutan. Kawasan tersebut dikategorikan sangat baik untuk karakteristik *recharge area* karena permukaan tanah yang ditutupi oleh vegetasi seperti hutan, tanaman, dan lahan pertanian akan menyebabkan akar tanaman menahan air (Pratama dkk., 2018). Selain itu kawasan tersebut juga pada ketinggian yang cukup landai. Pada kawasan yang landai, air akan meresap atau terjadi infiltrasi daripada mengalir ke daerah yang lebih rendah.

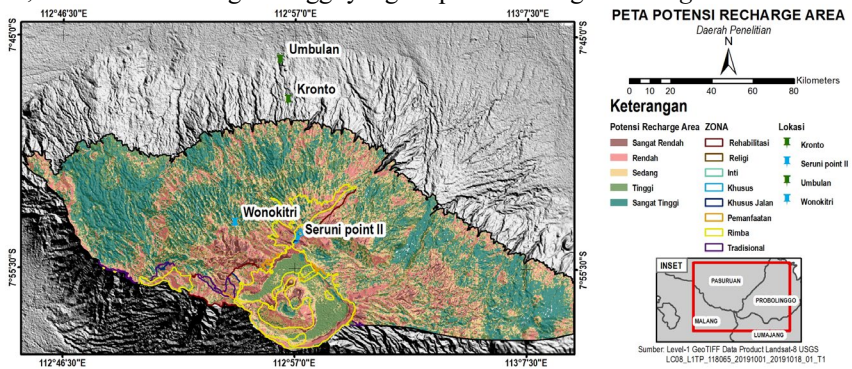
Berdasarkan parameter densitas kelurusan, daerah utara didominasi dengan kerapatan kelurusan yang tinggi. Daerah tersebut termasuk dalam satuan batuan jatuhan piroklastik yang diduga mempunyai porositas sekunder yang tinggi karena terdapat rekahan. Oleh karena itu, daerah tersebut memiliki potensi yang tinggi karena melalui rekahan tersebut akan membentuk celah dan air akan mengalir ke bawah secara gravitasi yang mempengaruhi proses pengisian (*recharge*) (Kuncara, n.d.).

Daerah dengan potensi sangat rendah dan rendah sebagian besar berada dekat pusat gunung bromo. Berdasarkan parameter LULC, daerah tersebut didominasi oleh kawasan pemukiman dan lahan kosong yang akan mempengaruhi pengisian ulang dengan meningkatnya limpasan selama hujan (Pratama dkk., 2018). Namun, daerah tersebut memiliki kerapatan kelurusan yang tinggi. Hal ini dikarenakan daerah tersebut juga masih termasuk ke dalam satuan batuan jatuhan piroklastik. Selain itu, daerah yang dekat dengan pusat gunung bromo juga mempunyai lereng yang curam sehingga air terjadi *runoff* daripada infiltrasi. Sehingga, parameter LULC dan topografi lebih berpengaruh pada daerah ini.



**Gambar 4. 23** Peta potensi *recharge area* overlay dengan batas CAT

Terlihat pada Gambar 4.23, daerah penelitian termasuk dalam 2 wilayah Cekungan Air Tanah (CAT) yaitu, CAT-Pasuruan dan CAT Probolinggo. Daerah yang berpotensi dari sangat tinggi hingga tinggi lebih mendominasi wilayah CAT-Pasuruan daripada di wilayah CAT-Probolinggo dimana pada daerah CAT-Pasuruan mencakup 16,07% dengan luas 83,16 km<sup>2</sup> untuk kategori sangat tinggi dan 14,41% dengan luas 74,55 km<sup>2</sup> untuk kategori tinggi yang berpotensi sebagai *recharge area*. Sedangkan pada wilayah CAT-Probolinggo mencakup 10,43% dengan luas 53,99 km<sup>2</sup> untuk kategori sangat tinggi dan 12,76% dengan luas 66,01 km<sup>2</sup> untuk kategori tinggi yang berpotensi sebagai *recharge area*.



**Gambar 4. 24** Peta potensi *recharge area* overlay dengan wilayah TNBTS dari peta (Kenedie, 2016)

Berdasarkan Gambar 4.24, sebagian wilayah daerah penelitian termasuk ke dalam zona Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) yang mencakup 15,65% dari daerah penelitian. Zona TNBTS terbagi menjadi 8 wilayah menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang dibuat oleh (Kenedie, 2016) yaitu, zona inti, rimba, pemanfaatan, rehabilitasi, tradisional, khusus, dan

religi. Pada zona rimba, didominasi oleh daerah yang berpotensi sebagai *recharge area* dengan kategori sangat tinggi yang mencakup 3,73% dari daerah penelitian. Zona rimba merupakan zona untuk perlindungan bahari karena kondisi dan potensinya mampu mendukung kepentingan pelestarian pada zona inti dan pemanfaatan (*Pedoman Zonasi Taman Nasional Menteri Kehutanan*). Zona ini diduga memiliki kondisi hutan yang masih baik (Syihab dkk., 2018).

Zona inti merupakan wilayah yang mempunyai kondisi alam baik biota atau fisiknya masih asli dan tidak atau belum diganggu oleh manusia (*Pedoman Zonasi Taman Nasional Menteri Kehutanan*). Zona ini berfungsi untuk perlindungan keanekaragaman hayati, dimana zona ini didominasi oleh daerah yang berpotensi sebagai *recharge area* dengan kategori rendah dan sedang. Kategori rendah mencakup 0,61% dan untuk kategori sedang mencakup 0,63% dari daerah penelitian. Berdasarkan parameter LULC daerah tersebut didominasi oleh permukaan tanah yang tertutupi oleh vegetasi seperti hutan, semak belukar, padang rumput, dan pertanian. Sedangkan yang menyebabkan daerah ini berpotensi lebih mengarah rendah karena daerah tersebut pada parameter topografi termasuk kawasan yang curam dan berdasarkan parameter kerapatan kelurusan daerah tersebut didominasi oleh kerapatan yang rendah dengan rentan  $0 - 0,43 \text{ km/km}^2$ .

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa penelitian, maka dapat disimpulkan beberapa hasil sebagai berikut:

1. Hasil dari pemetaan potensi *recharge area* pada daerah penelitian memiliki potensi *recharge area* yang terbagi dalam 5 kelas yaitu sangat tinggi (26,5%), tinggi (27,16%), sedang (26,85%), rendah (16,20%), dan sangat rendah (3,28%).
2. Daerah yang berpotensi menjadi *recharge area* dan perlu dikonservasi dengan klasifikasi tinggi hingga sangat tinggi terletak pada dataran tinggi pada rentan elevasi mulai dari 701 hingga 2182 m.d.p.l (wilayah utara) Gunung Bromo dengan kawasan yang didominasi oleh permukaan tanah yang tertutupi oleh vegetasi seperti semak belukar, padang rumput, hutan, dan pertanian. Selain itu, daerah tersebut juga mempunyai nilai densitas kelurusan yang didominasi dengan klasifikasi cukup tinggi hingga sangat tinggi dengan rentan 0,43 – 1,12 km/km<sup>2</sup> dan kawasan yang landai. Sebagian daerah penelitian termasuk ke dalam zona TNBTS yang mencakup 15,65% dari daerah penelitian. Daerah yang berpotensi menjadi *recharge area* dengan kategori tinggi hingga sangat tinggi didominasi oleh zona rimba dan zona inti.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat memberikan beberapa saran kepada pembaca maupun peneliti selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Penambahan parameter pada SIG mengenai jenis tanah
2. Melakukan analisa ke lokasi penelitian seperti pengukuran debit sumur bor, curah hujan, data *sample* batuan untuk mengetahui permeabilitas dan laju infiltrasi
3. Dilakukan metode geofisika lainnya untuk mengetahui arah struktural dan informasi bawah permukaan

## DAFTAR PUSTAKA

- Alcolea, A. (n.d.), *Groundwater Flow in Porous Media*, hal. 9.
- Aristiwiwijaya, B. (2015), *Identifikasi Potensi Sumber Air dengan Citra Satelit Landsat 8 dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Bojonegoro)*, hal. 104.
- Azmi, E.A.U. dan Danoedoro, P. (2016), "Analisa Landsat 5 dan SRTM Untuk Identifikasi Struktur Geologi Sebagai Langkah Awal Penentuan Lokasi Potensi Cebakan Hidrokarbon di Sebagian Pantura Jawa Tengah", *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol.5, No.3. Diambil dari <http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/516>.
- Bernard, M.-L., Zamora, M., Géraud, Y. dan Boudon, G. (2007), "Transport Properties of Pyroclastic Rocks from Montagne Pelée Volcano (Martinique, Lesser Antilles)", *Journal of Geophysical Research*, Vol.112, No.B5, hal. B05205. <http://doi.org/10.1029/2006JB004385>.
- Bruning, J.N., Gierke, J.S. dan Maclean, A.L. (2011), *An Approach to Lineament Analysis for Groundwater Exploration in Nicaragua*. <http://doi.org/info:doi/10.14358/PERS.77.5.509>.
- Dar, T., Rai, N. dan Bhat, A. (2020), "Delineation of Potential Groundwater Recharge Zones Using Analytical Hierarchy Process (AHP)", *Geology, Ecology, and Landscapes*, hal. 1–16. <http://doi.org/10.1080/24749508.2020.1726562>.
- Deepa, S., Venkateswaran, S., Ayyandurai, R., Kannan, R. dan Vijay Prabhu, M. (2016), "Groundwater Recharge Potential Zones Mapping in Upper Manimuktha Sub Basin Vellar River Tamil Nadu India Using GIS and Remote Sensing Techniques", *Modeling Earth Systems and Environment*, Vol.2, No.3, hal. 137. <http://doi.org/10.1007/s40808-016-0192-9>.
- Herlambang, R.F. dan Novranza, K. (2016), "Pemetaan Kelurusan Menggunakan Remote Sensing dan Korelasinya Terhadap Distribusi Manifestasi Permukaan di Daerah Potensi Geothermal Kepahiang, Bengkulu", *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)*, Vol.5, hal. SNF2016-EPA-57–64. <http://doi.org/10.21009/0305020412>.
- Indarto (2016), *PENGINDRAAN JAUH Metode Analisis dan Interpretasi Citra Satelit*, hal. 252.
- Karmakar, P. (2018), "Mapping of Lineaments for Groundwater Potentiality in Denwa Watershed Using Remote Sensing & GIS", *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, Vol.6, No.3, hal. 6.
- Kenedie, J. (2016), *Peta Penataan ZOnasi Taman Nasional Bromo Tengger Semeru Propinsi Jawa Timur*,.
- Kuncara, R.H.J. (n.d.), *Pemanfaatan Citra Landsat 8 dan SRTM untuk Pemetaan Ketersediaan Airtanah (Kasus Daerah Kabupaten Klaten Bagian Utara)*, hal. 11.

- Kurnia Setia Dewi, E. (2018), *Integrasi Data Citra Landsat-8, DEM ALOS PALSAR, Isotop Radon, dan Geokimia untuk Penentuan Distribusi Batuan Alterasi dan Struktur Permeabel Gunung Way Ratai, Lampung*, Universitas Lampung, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geofisika, Lampung.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. *Pedoman Zonasi Taman Nasional Menteri Kehutanan. P.56/Menhut-II/2006*, (2006).
- Mulyadi, E. (1992), *Le complexe de bromo-tengger (est java, indonesie). Etude structurale et volcanologique*, thesis, Clermont-Ferrand 2. Diambil dari <http://www.theses.fr/1992CLF21453>.
- Nugroho, D.A. (2019), *Studi Vulkanostratigrafi Kompleks Kaldera Bromo - Tengger Di Kabupaten Pasuruan Provinsi Jawa Timur*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Oches, R., Parker, R.L. dan Geosciences, F. (2013), *A Hidden Reserve: Groundwater*, hal. 66.
- Pambudi, D.Y.W.S., Sakur, M., Ismail, K., Dwiyo, I.F. dan Setijadji, L.D. (2014), "Delineasi Daerah Prospek Panas Bumi Berdasarkan Kelurusan Citra Landsat dan Digital Elevation Model (DEM) Daerah Gunung Lawu, Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur", *PROSIDING SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-7 Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 30-31 Oktober 2014*, hal. 9.
- Patonah -, A. dan Hadian -, S.D. (2013), "Karakteristik Batuan dan Hubungannya dengan Kuantitas & Kualitas Air Tanah di Daerah Cipunagara dan Sekitarnya", *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, Vol.11, No.1. <http://doi.org/10.24198/bsc-geology.v11i1.8285>.
- Pour, A.B. dan Hashim, M. (2015), "Hydrothermal Alteration Mapping from Landsat-8 Data, Sar Cheshmeh Copper Mining District, South-Eastern Islamic Republic of Iran", *Journal of Taibah University for Science*, Vol.9, No.2, hal. 155-166. <http://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.11.008>.
- Pratama, I.A., Sukmono, A. dan Firdaus, H.S. (2018), *Jurnal Geodesi Undip*, Vol.7, hal. 11.
- Purwanto, M.S., Bashri, A., Harto, M. dan Syahwirawan, Y. (2016), "Citra Satelit Landsat 8 + Tris Sebagai Tinjauan Awal Dari Manifestasi Panas Bumi Di Wilayah Gunung Argopura", *Jurnal Geosaintek*, Vol.3, No.1, hal. 13. <http://doi.org/10.12962/j25023659.v3i1.2951>.
- Putra, A. (2009), *Penginderaan Jauh Jilid 1-Cetakan 2 Tahun 1992 Prof. Dr. Sutanto*. Diambil 28 Mei 2020, dari [https://www.researchgate.net/publication/320058513\\_Makalah\\_Penginderaan\\_Jauh\\_Jilid\\_1-Cetakan\\_2\\_Tahun\\_1992\\_Prof\\_Dr\\_Sutanto](https://www.researchgate.net/publication/320058513_Makalah_Penginderaan_Jauh_Jilid_1-Cetakan_2_Tahun_1992_Prof_Dr_Sutanto).
- Rejeki, S., Hadi, J. dan Suhayati, I. (2005), *Porosity Study For Detail Reservoir Characterization in Darajat Geothermal Field, West Java, Indonesia*, hal. 7.

- Riastika, M. (2012), "Pengelolaan Air Tanah Berbasis Konservasi di Recharge Area Boyolali (Studi Kasus Recharge Area Cepogo, Boyolali, Jawa Tengah)", *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol.9, No.2, hal. 86. <http://doi.org/10.14710/jil.9.2.86-97>.
- Rizqita, T. (2019), *Aplikasi Metode Penginderaan Jauh dengan menggunakan Automatic Detection Algorithm Studi Kasus: Recharge Area Lapangan K*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sampurno, R., Thoriq, A. dan Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran (2016), "Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang", *Jurnal Teknotan*, Vol.10, No.2, hal. 61–70. <http://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.9>.
- Septiani, R., Citra, I.P.A. dan Nugraha, A.S.A. (2019), *Perbandingan Metode Supervised Classification dan Unsupervised Classification terhadap Penutup Lahan di Kabupaten Buleleng*, hal. 7.
- Syihab, R., Salsabiila, A., Rosyidi, Z. dan Nur Rhaeni, F. (2018), *Hubungan Keterkaitan Antar Dokumen Dalam Pengembangan Taman Nasional Bromo-Tengger-Semeru Di Wilayah Kabupaten Pasuruan*, Diambil dari [https://www.academia.edu/36760431/KETERKAITAN\\_DOKUMEN\\_TNBTS.pdf](https://www.academia.edu/36760431/KETERKAITAN_DOKUMEN_TNBTS.pdf).
- Tolche, A.D. (2020), "Groundwater Potential Mapping Using Geospatial Techniques: A Case Study of Dhungeta-Ramis Sub-Basin, Ethiopia", *Geology, Ecology, and Landscapes*, hal. 1–16. <http://doi.org/10.1080/24749508.2020.1728882>.
- Toulier, A., Baud, B., de Montety, V., Lachassagne, P., Leonardi, V., Pistre, S., Dautria, J.-M., Hendrayana, H., Miftakhul Fajar, M.H., Satrya Muhammad, A., Beon, O. dan Jourde, H. (2019), "Multidisciplinary Study with Quantitative Analysis of Isotopic Data for the Assessment of Recharge and Functioning of Volcanic Aquifers: Case of Bromo-Tengger Volcano, Indonesia", *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Vol.26, hal. 100634. <http://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100634>.
- Zaenuddin, A., Hadisantono, R.D., Erfan, R.D. dan Mulyana, A.R. (1994), *Peta Geologi Gunung api Bromo - Tengger Jawa Timur*.



## LAMPIRAN

Tabel hasil perhitungan luas:

### 1. Perhitungan potensi *recharge area* daerah penelitian

Seluruh Daerah Penelitian			CAT-Probolinggo		CAT-Pasuruan	
Kelas	Luas (km <sup>2</sup> )	Luas (%)	Luas (km <sup>2</sup> )	Luas (%)	Luas (km <sup>2</sup> )	Luas (%)
Sangat rendah	16,95	3,28	8,44	3,67	8,51	2,96
Rendah	83,85	16,2	36,05	15,67	47,81	16,63
Sedang	138,95	26,85	65,54	28,49	73,41	25,54
Tinggi	140,56	27,16	66,01	28,7	74,55	25,94
Sangat tinggi	137,15	26,5	53,99	23,47	83,16	28,93
Luas Total (km <sup>2</sup> )	517,46	100	230,02	100	287,44	100

### 2. Perhitungan potensi *recharge area* daerah penelitian dengan zonasi TNBTS

Zona	Luas (km <sup>2</sup> )				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Rimba	4,59	4,63	12,49	7,45	25,28
Pemanfaatan	0,45	0,24	0,44	0,52	1,64
Khusus Jalan	0,006	0,024	0,034	0,032	0,004
Inti	1,17	2,95	2,04	2,39	0,99
Riligi	-	-	-	0,05	-
Khusus	-	0,08	0,11	0,17	-
Tradisional	0,06	14,00	2,12	1,63	0,17
Rehabilitasi	0,24	1,75	5,36	4,81	0,46

Zona	Luas (%)				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Rimba	5,42	5,47	14,76	8,80	29,87
Pemanfaatan	0,53	0,28	0,52	0,62	1,94
Khusus Jalan	0,01	0,03	0,04	0,04	0,00
Inti	1,39	3,48	2,41	2,82	1,17
Riligi	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06
Khusus	0,00	0,09	0,12	0,20	0,00
Tradisional	0,07	16,54	2,51	1,92	0,20
Rehabilitasi	0,29	2,07	6,34	5,68	0,54

## BIOGRAFI PENULIS



Adjeng Yalastri Atha Nafilah lahir di Surabaya pada 4 November 1998 dan merupakan anak ketiga dari Bapak Lasman dan Ibu Kuswiyatik. Penulis menempuh pendidikan di SDN Klampis Ngasem I Surabaya (2004-2010), SMPN 19 Surabaya (2010-2013), SMAN 17 Surabaya (2013-2016). Penulis memulai pendidikan di Departemen Teknik Geofisika ITS pada tahun 2016.

Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS, penulis aktif dalam organisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HMTG) ITS menjadi Sekretaris Departemen Media Informasi (HMTG) ITS (2016-2017) dan Kepala Divisi Jurnalistik Departemen Media Informasi (HMTG ITS). Penulis juga menjadi bagian dari acara yang diadakan oleh HMTG ITS yaitu *Geoscience Atmosphere* sebagai Sekretaris (2019). Penulis juga menjadi Asisten Laboratorium Eksplorasi Departemen Teknik Geofisika ITS untuk mata kuliah Sistem Informasi Geografis (2020).

Pengalaman pelatihan yang penulis dapatkan yaitu , *Petrophysics Training & Geophysics Integrated Study for Reservoir Characterization in Oil and Gas Industry*, *Well Log Data Processing*, dan *MT Data Processing and Interpretation* yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI). Selain itu, penulis mendapatkan pengalaman kerja praktik di Pusat Sumber Daya Mineral dan Panasbumi dengan judul “Pemodelan 2-D Sistem Panas Bumi dengan Metode Magnetotellurik Studi Kasus: Lapangan Panas Bumi SW”.

Apabila ingin berdiskusi lebih lanjut terkait Tugas Akhir dapat menghubungi penulis melalui [adjengatha@gmail.com](mailto:adjengatha@gmail.com) serta melalui telepon 082139211830.